

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**ESCUELA DE TECNOLOGÍA MÉDICA**

**PLANIFICACIÓN DE TÉCNICA CONVENCIONAL Y  
TÉCNICA CONFORMACIONAL EN RADIOTERAPIA  
EXTERNA PARA CÁNCER DE CABEZA Y CUELLO**

TESIS PROFESIONAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGO MÉDICO CON  
MENCIÓN EN RADIOLOGÍA Y FÍSICA MÉDICA

**AUTORES** : Lorena Araya C.  
Elizabeth Cisternas S.

**TUTOR** : TM. Alexis Troncoso V.

**ASESORA** : Prof. TM. Fresia Solís F.  
**METODOLÓGICO**  
**Y ESTADÍSTICO**

**2008**

# ÍNDICE

<b>Contenidos</b>	<b>Página</b>
Resumen	3
Introducción	4
Marco Teórico	6
Objetivos	21
Hipótesis	22
Materiales y Métodos	23
Población en Estudio	23
Diseño	25
Obtención de Datos	26
Variables	28
Métodos de análisis estadísticos	31
Resultados	32
Discusión	37
Ventajas	42
Desventajas	43
Controversias	43
Proyecciones	44
Conclusión	45
Bibliografía	46
Anexo	48

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN.** En radioterapia definitiva para cánceres de cabeza y cuello se entregan altas dosis al volumen blanco de planificación, existiendo grandes variaciones en el diámetro y densidad del tejido, dificultando la distribución homogénea de la dosis. Además existe la proximidad de varios órganos críticos al volumen blanco de planificación, como médula espinal, en los cuales se debe respetar las dosis umbrales de tolerancia para evitar complicaciones posteriores.

**OBJETIVO.** Comparar dosimetría de la técnica de tratamiento convencional versus la conformacional en radioterapia externa para tumores de cabeza y cuello, postulando que la técnica conformacional disminuye la irradiación en médula espinal.

**MATERIALES Y MÉTODO.** Se evaluaron 15 tratamientos de radioterapia externa para cáncer de cabeza y cuello, realizados en el Servicio de Radioterapia de la Fundación Arturo López Pérez entre los años 2007 y primer semestre del 2008, que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos.

**RESULTADOS.** Fueron tabulados en planilla Excel y analizados estadísticamente con SPSS 15.0 para Windows, se compararon mediante prueba U de Man Whitney para muestras independientes con  $p < 0,05$ . Revelando la significación de tres variables, rechazando en estos casos la hipótesis de nulidad que señalaba que ambas técnicas eran iguales.

**CONCLUSIÓN.** Las variables en su mayoría mantienen una similitud en ambas técnicas, mas existen tres variables consideradas, que muestran una diferencia clara y significativa entre la técnica convencional y la conformacional, de modo que se establece esta diferencia en ámbitos de mejora y se considera que la técnica conformacional sería beneficiosa para los pacientes con estas patologías

## INTRODUCCIÓN

La radioterapia es una modalidad que emplea las radiaciones ionizantes en el tratamiento de enfermedades oncológicas principalmente; su objetivo es administrar una dosis de radiación al volumen tumoral suficiente para destruirlo, respetando al máximo el tejido sano circundante<sup>1</sup>.

El paciente llega a la unidad de radioterapia con un estudio clínico completo, donde se indica el tamaño, extensión, estadio e histología de la lesión (tumor), luego se decide qué proceso radioterapéutico se utilizará y con qué finalidad, ya sea radical, complementaria con intención curativa, o paliativa cuya intención es mejorar los síntomas o incapacidades, es decir mejorar la calidad de vida. Esta decisión es muy importante, pues de ella depende la elección de volumen a tratar, la dosis y la técnica de tratamiento<sup>1</sup>.

La radioterapia definitiva de los cánceres de cabeza y cuello requiere entregar altas dosis al volumen blanco de planificación (PTV); dependiendo del sitio y de la extensión del tumor y del esquema de fraccionamiento usado. En pacientes con tumores avanzados, donde el PTV se extiende desde la base del cráneo a la región supraclavicular, abarcando el cuello en su totalidad, existen varios inconvenientes, entre ellos: grandes variaciones de densidad del tejido (hueso-aire), de grosor y de diámetro; lo que hace difícil diseñar una distribución homogénea de la dosis. Además existe la proximidad de varios órganos críticos al PTV, en los cuales se debe respetar las dosis umbrales de tolerancia para evitar complicaciones<sup>2</sup>.

Otro gran problema presente en tratamientos de radioterapia externa para cáncer de cabeza y cuello, es la unión de campos existente, tanto entre haces de fotones como también la unión entre campos fotón-electrón, lo cual trae serias complicaciones a mediano y largo plazo, como: xerostomía y fibrosis en la zona irradiada, entre otras.

Nuevas técnicas sofisticadas se han propuesto para solucionar estas dificultades: el acercamiento conformacional a la irradiación fue la primera solución viable para obtener las distribuciones de la dosis que abarcaban adecuadamente el PTV mientras que ahorra tanto como sea posible todos los órganos de riesgo. En un nivel más alto de complejidad, la Radioterapia de Intensidad Modulada (IMRT) modifica la llegada del haz según la geometría del PTV, dando

mejor distribución de la dosis dentro del volumen y disminuyendo las complicaciones en los órganos de alto riesgo. Este último acercamiento, de IMRT, no está disponible para todos los centros <sup>3</sup>.

Por esta razón es de gran importancia investigar y poner en práctica nuevas técnicas de tratamiento, con el fin de mejorar el control tumoral y disminuir la irradiación innecesaria a tejido sano que puede estar incluido dentro del área de tratamiento. Para poder implementar cualquier tratamiento alternativo, es imprescindible contar con estudios que respalden el buen funcionamiento de la nueva técnica sugerida; ya que las posibles consecuencias que estas puedan traer van directamente en perjuicio de la calidad de vida del paciente. Por lo anteriormente mencionado, la nueva técnica a realizar debe entregar los mismos beneficios o mejorar los resultados de la técnica actualmente utilizada, para poder llegar a ser un cambio justificable y aprobado por el grupo profesional que trabaja en el servicio <sup>2</sup>.

Es por esto que se ha decidido enfocar esta tesis profesional a la realización de un estudio que pruebe de manera objetiva y comparable la aplicación de la técnica conformacional como alternativa a la actual técnica convencional usada en tratamiento para pacientes con cáncer de cabeza y cuello, analizando la viabilidad de realizar ambas técnicas de irradiación, sin arriesgar la dosis límite de médula espinal, con el propósito de proporcionar alternativas de tratamiento.

El análisis de los planes de tratamiento se realizará considerando la dosis absorbida al PTV, y se observarán los histogramas dosis volumen de los órganos críticos y el PTV, a fin de evaluar de forma objetiva el tratamiento. El análisis clínico y de complicaciones gestado por uno u otro plan, no serán evaluados en este estudio.

## MARCO TEÓRICO

El cáncer es la segunda causa de muerte en Chile, luego de las enfermedades cardiovasculares. Esta enfermedad fue responsable del 22,7% del total de muertes en el período comprendido entre 1997 al año 2004. Dentro de los tumores malignos el cáncer de estómago, tráquea, bronquios y pulmón, son los más prevalentes <sup>4</sup>.

El cáncer de cabeza y cuello corresponde al 4 al 5% de todos los cánceres, es más frecuente en hombres que en mujeres, en una proporción de 4:1 y ocurre con mayor frecuencia sobre los 40 años de edad, con especial incidencia en personas con alto consumo de tabaco y alcohol <sup>5</sup>.

Los tumores de cabeza y cuellos son todas aquellas neoplasias originadas en la cavidad oral, faringe, laringe, fosas nasales, senos paranasales y glándulas salivales, junto con metástasis ganglionares de origen desconocido. Estos tumores comparten ciertas características tales como etiología, histología predominante del tumor y patrón de evolución, entre otras <sup>6</sup>.

El cáncer de cabeza y cuello abarca muchos tipos diferentes de cáncer, y la conducta que adquiere cada uno de ellos en particular depende del lugar dónde surge. El tipo de cáncer más común de cabeza y cuello es el carcinoma de células escamosas, que aparece en las células que revisten el interior de la nariz, la boca y la garganta. Otros tipos menos comunes son tumores de las glándulas salivales, linfomas y sarcomas.

El cáncer se disemina de tres maneras principales: por extensión directa desde el sitio primario a áreas adyacentes, a través de los vasos linfáticos hacia los ganglios linfáticos, y a través de los vasos sanguíneos a sitios distantes en el cuerpo. En el cáncer de cabeza y cuello la diseminación a los ganglios linfáticos es relativamente común.

Los ganglios linfáticos más comúnmente afectados son los que se encuentran a lo largo de la vena yugular interna debajo del músculo esternocleidomastoideo, a cada lado del cuello, especialmente el ganglio de la yugular interna en el ángulo de la mandíbula <sup>6</sup>. El riesgo de diseminación a otras partes del cuerpo por el torrente sanguíneo depende de si el cáncer se ha diseminado a los ganglios linfáticos del cuello, cuántos ganglios están afectados, y cuál es su

ubicación en el cuello. El riesgo es mayor si hay cáncer en los ganglios linfáticos de la parte inferior del cuello que en los que se encuentran en la parte superior.

En cuanto a las alternativas de tratamiento para el cáncer de cabeza y cuello, existen principalmente tres: la radioterapia, cirugía y quimioterapia. Los tratamientos primarios son radioterapia o cirugía, o una combinación de ambas, mientras que la quimioterapia se usa a veces como tratamiento complementario <sup>7</sup>. La combinación óptima de las tres modalidades de tratamiento para un paciente con cáncer de cabeza y cuello depende del sitio y el estadio de la enfermedad.

En general, el cáncer de cabeza y cuello en etapas tempranas se tratan con una sola modalidad, ya sea radioterapia o cirugía. Un cáncer más extendido se trata a menudo con una combinación de cirugía y radioterapia, o con radioterapia en combinación con quimioterapia coadyuvante <sup>7</sup>.

Si el plan de tratamiento consiste en radioterapia sola para el cáncer primario, también se da radioterapia al cuello. Además, podría ser necesario extirpar los ganglios linfáticos afectados del cuello si la afección del cuello es extensa o si el cáncer en los ganglios del cuello no fue totalmente eliminado por la radioterapia.

La cirugía es otro tratamiento que podría ser necesario antes o seguido de la radioterapia. En general, si está indicada la extirpación quirúrgica de tumor primario, la radioterapia se da después, en caso de ser necesaria <sup>7</sup>. Sin embargo, a veces el cáncer es extenso o no es posible eliminarlo por completo al principio; en estos casos primero se da radioterapia para reducir el tamaño del tumor, y después se realiza la cirugía.

Los estudios recientes indican que la quimioterapia administrada al mismo tiempo que la radioterapia es más eficaz que si se da antes de la radioterapia <sup>7</sup>. Por lo tanto, el programa de radioterapia a veces incluye quimioterapia si el cáncer está avanzado (estadios III o IV).

Una gran parte de los cánceres de cabeza y cuello se tratan con radioterapia externa, para su realización el radioterapeuta debe describir una buena historia clínica y realizar un examen físico detallado de la región de cabeza y cuello, mediante una biopsia, endoscopia e imágenes. La tomografía computada (TC) es la principal modalidad imagenológica para la planificación del tratamiento, la cual se realiza en iguales condiciones de posicionamiento en las que se realizará el tratamiento en el acelerador lineal<sup>7</sup>.

Se inmoviliza la cabeza y cuello del paciente en posición decúbito supino por medio de una máscara termoplástica (Aquaplast), la cual se fija a un soporte que se ubica sobre la mesa de tratamiento. Para ello, se utilizan diferentes tipos de bases para el cuello, las cuales varían en el ángulo de inclinación entre los 15° a los 45°, para lograr mayor o menor extensión del cuello. Junto con la inmovilización se busca la mayor comodidad del paciente para así evitar su movimiento y tener una mayor cooperación. En la misma posición de tratamiento se adquieren helicoidalmente los cortes de TC de 5mm. cada 5 mm, desde la calota hasta el apéndice xifoides. Con los láseres ortogonales del tomógrafo se marcan referencias de alineación en la máscara y se realiza un centro de campo provisional, de tal forma que la posición inicial sea fácilmente reproducible. Las imágenes obtenidas son transferidas al planificador donde se debe delimitar el volumen blanco y los órganos en riesgo <sup>6,8</sup>.

En la planificación se determinan diferentes volúmenes para poder tener una idea exacta de la distribución de dosis en los distintos tejidos. Estos volúmenes son:

Volumen tumoral macroscópico (GTV): Según el informe ICRU 50 se define como una masa palpable externa visible o demostrable y la localización del crecimiento tumoral. En el GTV se incluye el tumor primario, adenopatías metastásicas y cualquier otra metástasis o crecimiento.

Volumen blanco clínico (CTV): Incluye al GTV y su posible extensión microscópica, generalmente de un margen de 1 cm. Incluyendo, en el caso de cáncer de cabeza y cuello, todos los niveles ganglionares.

Volumen blanco planificado (PTV): Concepto geométrico que se define para seleccionar un tamaño adecuado del haz, sus disposiciones y toma en cuenta el efecto de sus posibles variaciones geométricas para asegurar que la dosis prescrita se absorbe en el CTV.

Volumen tratado (TV): Volumen limitado por una isodosis que selecciona y especifica el radioterapeuta, que es apropiada para conseguir el propósito del tratamiento.

Volumen irradiado (IV): Volumen de tejido que recibe una dosis significativa respecto a la tolerancia de los tejidos normales, el IV depende de la técnica de tratamiento <sup>6</sup>.



En cada corte de TC el radioterapeuta procede a definir los volúmenes a tratar, para ello es necesario conocer en forma exacta la localización anatómico-radiológica del tumor y sus vías de diseminación y conocer la definición del volumen de interés y seguir las normas del ICRU 50. Junto con esto se delimitan los órganos críticos adyacentes (médula espinal, ojos, parótida) que pueden influenciar el plan de tratamiento, teniendo en cuenta las dosis de tolerancia de cada uno de ellos<sup>6</sup>.

En el tratamiento con radioterapia definitiva para cáncer de cabeza y cuello, se deben entregar altas dosis al volumen blanco de planificación o PTV<sup>2</sup>, para lo cual convencionalmente se utiliza dos haces de fotones laterales combinados con un campo posterior directo de electrones. Lo cual trae consigo un gran número de problemas relacionados con la cercanía del PTV con algunos órganos críticos, tales como, glándulas salivales, ápices pulmonares, cerebro y médula espinal; esta última cuenta con una dosis umbral de tolerancia de 4500 cGy, dando mayor complejidad a la planificación del tratamiento para lograr una distribución de dosis homogénea.

En pacientes con cáncer de cabeza y cuello, las cadenas espinales son irradiadas generalmente por una combinación de haces de fotones y electrones, requiriendo la alta precisión en la unión de campos.

Para lograr mantener dentro de su umbral de dosis a la médula espinal convencionalmente se utilizan dos campos laterales de fotones en la parte anterior del volumen, dos campos laterales de electrón a las cadenas linfáticas cervicales posteriores, y un campo anterior a las regiones supraclaviculares<sup>2</sup>. Lo cual trae consigo el problema de unión de campos, en que podemos encontrar zonas de traslape, con sobredosis, o bien zonas sin unión de estos campos, con áreas subdosadas, afectando ya sea al PTV o a los órganos críticos que lo rodean.

Actualmente el avance tecnológico ha facilitado en gran medida las dificultades de unión de campos planteadas para estos tratamientos, mediante radioterapia conformacional y radioterapia de intensidad modulada (IMRT), permitiendo una distribución de dosis más homogénea en el volumen blanco, sin afectar mayormente a los órganos de riesgo. La radioterapia conformacional, es más accesible mediante bloques y colimadores multilámina, por lo que se encuentra mas disponible a nivel nacional, mientras la intensidad modulada, es una técnica mucho mas

avanzada y compleja, la cual requiere recursos tecnológicos y personal especializado, por lo que no se encuentra disponible para la irradiación rutinaria en todos los centros de radioterapia del país.

Dos requisitos fundamentales para un tratamiento adecuado de cáncer mediante radioterapia son: una distribución de dosis homogénea dentro del PTV y no sobrepasar los límites de dosis umbral de los órganos de riesgo. Con el fin de cumplir estas condiciones han surgido diversas opciones de tratamientos.

La técnica convencional es una técnica monoisocéntrica para irradiación de cuello completo. Consta de:

- Un campo Anterior para irradiar los ganglios supraclaviculares bilaterales con una dosis prescrita al 100% de 5040cGy, 180cGy/día. Ubicando el punto de cálculo entre 2 a 3 cm. de profundidad.
- Dos campos Laterales con ángulos de gantry de 90° y 270°, para irradiar el cuello superior (PTV), con protección de mandíbula y base de cráneo con una dosis prescrita de 5040 cGy al 95%, 180cGy/día. Para evitar la sobreirradiación de la médula se hace en tres pasos:
  - Campos laterales completos hasta 4320cGy.
  - Campos laterales con protección medular hasta completar 5040cGy.  
Protegiendo desde el borde anterior de la médula hasta completar el campo hacia posterior.
  - Campos laterales de electrones en la zona donde se realizó la protección, esto con el fin de completar los 5040cGy.  
La energía de los electrones depende de las características del paciente, fluctuando entre 9 a 15 MeV y usando entre 85% y 90%. Uso de bolus si es necesario para el caso de volúmenes cercanos a la piel.

El monoisocentro se elige en el plano axial que representa el límite superior del campo supraclavicular y el límite inferior de los campos laterales.

Mediante estos campos laterales y el supraclavicular, con combinación de fotones y electrones se administra la dosis absorbida al PTV, sin embargo, se ha verificado en varias ocasiones que la magnitud de las inhomogeneidades de dosis en tratamientos con haces de electrones adyacentes a campos de fotones, puede conducir a una probabilidad de control tumoral menor<sup>2,8</sup>.

La técnica conformacional es una técnica isocéntrica, que consta de 5 haces de fotones (sin electrones):

- Dos campos laterales de fotones de 6 MV, el gantry entre 80°-90° y 260°-270°, los cuales cubren todo el PTV e incluyen las cadenas espinales. Es posible girar la camilla entre 5° y 15°, a la vez que se podrán emplear aditamentos tales como cuñas y bolus para así tener una mejor distribución de la dosis.
- Un campo posterior, con el gantry en 180°, con un blindaje central protegiendo la médula espinal, realizado con colimador multilámina. Con fotones de una energía de 18MV.
- Dos campos oblicuos posteriores de fotones de 18MV, con el gantry en 210°-220° a la derecha, y 140°-150° a la izquierda, utilizando protecciones para disminuir la dosis en médula espinal. Con energía de 18 MV.

Estos 5 campos individualmente forman bloques que conforman el contorno de PTV. Los 5 campos se administran a 180cGy/día hasta completar 5040cGy<sup>2</sup>. Los pesos de cada campo se evalúan según las características de cada paciente, pero en general son: laterales 30, oblicuos posteriores 15% y posterior 10%.

Esta técnica evita los problemas e incertidumbres que se presentan en la unión de campos foton-foton y foton-electrón presentes en la técnica convencional.

Usualmente para evaluar la calidad de un tratamiento de radiación conformacional 3D se utiliza el histograma dosis volumen (DVH). Un DVH es una representación gráfica de cómo se distribuye la dosis dentro de un volumen de tratamiento, ya sea dentro del volumen blanco o en estructuras cercanas a el que estén en riesgo. En radioterapia se desea entregar una dosis

uniforme al volumen blanco, protegiendo lo más posible los tejidos normales, es decir, manteniendo su distribución de dosis dentro de parámetros tolerables. En tejidos normales, las tolerancias pueden ser manejadas como la dosis máxima a la estructura en el caso de estructuras “seriales” como la médula o como un volumen fraccionado en el cual se ha sobrepasado la tolerancia, en el caso de órganos “paralelos” como los pulmones o el hígado.

Al analizar un DHV hay que considerar una serie de factores, no tan solo los biológicos.

La probabilidad de control tumoral TCP y la probabilidad de complicación de tejidos normales NTCP son modelos citados que son usados como herramientas para evaluar aspectos estadísticos del DVH que resultan ambiguos. Ellos toman en cuenta principios y modelos predictivos radiobiológicos básicos que están bien establecidos en el campo de la radioterapia y son utilizados en múltiples instituciones como parte integral de la evaluación de los planes de tratamiento de modo de optimizar las dosis y los resultados de estos <sup>9</sup>.

La estimación de probabilidad de complicación de tejido normal (NTCP) de órganos críticos es un factor esencial antes de realizar el tratamiento radioterapéutico, ya que frecuentemente órganos críticos, dentro de la vecindad del tumor, reciben una dosis de radiación igual o similar a la del tumor, produciendo complicaciones en la anatomía y funcionamiento de estos. El NTCP se considera un valor de tipo predictivo el cual relaciona los umbrales de dosis con las futuras complicaciones que pueden afectar al paciente tratado con radioterapia. Este valor se obtiene a partir del histograma dosis volumen y es arrojado en porcentaje por el planificador luego de agregarle las variables propias del tejido a evaluar, en este caso médula espinal <sup>10</sup>.

El concepto NTCP parte del intento de dañar lo menos posible el tejido sano implicado en el tratamiento. Sin perder el objetivo del control local de la enfermedad.

Existen datos clínicos para la incidencia de complicaciones biológicas inducidas por radiación uniforme al volumen total o parcial de un órgano. La distribución de dosis producida en estructuras críticas por terapia conformacional 3D sin embargo no son homogéneas. Para aplicar los datos clínicos en la complicación tisular a distribuciones de dosis no uniformes se utilizará el “método del volumen efectivo” (Kutcher y cols. 1989). Este método se utiliza en conjunto con parámetros definidos por el usuario e histograma dosis-volumen generado por el planificador XIO, para así calcular el NTCP.

El modelo sugerido por Lyman (Lyman J. 1987) permite estimar el NTCP para un volumen parcial arbitrario irradiado uniformemente con una dosis D. Éste, sienta como base la distribución de probabilidades de Poisson y se basa en datos clínicos para la irradiación de un órgano completo con dosis uniforme. El modelo de Lyman sugiere que el NTCP para la irradiación uniforme de un volumen parcial de un órgano, puede estar dado por la siguiente expresión: <sup>11</sup>

$$NTCP = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{\left(\frac{-t^2}{2}\right)} dt \quad (\text{ecuación 1})$$

A partir de esta distribución de probabilidad, se desea obtener el parámetro t para el límite superior de la integral. Éste queda definido de la siguiente forma:

$$t = \frac{D - TD_{50}(v)}{m \cdot TD_{50}(v)} \quad (\text{ecuación 2})$$

definiendo:

$$v = \frac{V}{V_{ref}} \quad (\text{ecuación 3})$$

$$TD_{50}(v) = TD_{50}(V_{ref}) \cdot v^{-n} \quad (\text{ecuación 4})$$

Donde:

V : Volumen de un órgano irradiado a una dosis uniforme D.

V<sub>ref</sub> : Fracción de referencia del volumen irradiado.

- $v$  : Razón entre el volumen de un órgano irradiado a una dosis uniforme  $D$  y un volumen de referencia.
- $D$  : Dosis de Irradiación en [Gy]
- $TD_{50}(V_{ref})$  : Dosis para un volumen de referencia que conduce a una probabilidad de complicación del 50%.
- $TD_{50}(v)$  : Dosis para un volumen parcial que conduce a una probabilidad de complicación del 50%.
- $n$  : . Parámetro que describe la dependencia del volumen del órgano.
- $m$  : Parámetro que describe la pendiente NTCP vs dosis

En radioterapia, las distribuciones de dosis no son homogéneas en todos los lugares, el “método del volumen efectivo” es una vía para utilizar los datos clínicos que asumen una distribución de dosis uniforme cuando esta no lo es, es decir una distribución de dosis no uniforme.

El volumen efectivo se define como un volumen parcial de una estructura que, cuando es irradiado uniformemente a la dosis máxima de la estructura, produce la misma probabilidad de complicación que una distribución de dosis no uniforme.

El método del volumen efectivo aproxima el volumen efectivo basándose en el Histograma Dosis-Volumen (DVH) calculado. Este método transforma el DVH acumulativo en un DVH uniforme, con una altura  $v_{eff}$  y ancho  $D_{max}$ , igual a la dosis máxima en el histograma. Se asume que este histograma transformado tiene la misma probabilidad de complicación que el original.

Esta transformación rompe en DVH original en “pasos” o steps de altura  $\Delta V_i$  y ancho  $D_i$ . Cada paso del histograma se asume para satisfacer una relación en la ley de energía, ajustándolo a un volumen más pequeño  $(\Delta v_{eff})_i$  con un ancho  $D_{max}$ , como es mostrado en la ecuación a continuación:

### Reducción del histograma. Relación de la ley de la energía.

$$(\Delta v_{eff})_i = \Delta v_i \cdot \left( \frac{D_i}{D_{max}} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (\text{ecuación 5})$$

Aquí, el parámetro “n” es un parámetro de tamaño que describe la dependencia del volumen de la estructura crítica. La transformación anterior es aplicada a cada paso del histograma original, así, el volumen efectivo para todo el DVH es representado por la siguiente relación:

### Volumen efectivo para todo el DVH.

$$v_{eff} = \Delta v_{max} + \Delta v_1 \left( \frac{D_1}{D_{max}} \right)^{\frac{1}{n}} + \Delta v_2 \left( \frac{D_2}{D_{max}} \right)^{\frac{1}{n}} + \dots \quad (\text{ecuación 6})$$

El método del volumen efectivo reduce la actual distribución de dosis compleja (representada por el histograma dosis volumen) en un DVH rectangular mucho mas simple, con altura  $v_{eff}$  y ancho  $D_{max}$ .

Para apreciar los resultados de los cálculos de NTCP, debemos introducir dos términos que han llegado a ser comunes en la discusión de la probabilidad de complicación de tejido normal (Lyman J.1987)

- Órgano serial: Un órgano serial se compone de subunidades que actúan en serie, de modo que el daño crítico de una sub-unidad resulta en complicaciones para todo el órgano. Un órgano serial es la médula espinal, si una pequeña parte de esta excede las dosis de tolerancia, el paciente podría estar en riesgo de daño neurológico severo, incluyendo parálisis. El parámetro “n”, que tiene un rango de 0 a 1, está más cercano a 0 para los órganos seriales.

- Órganos paralelos: Un órgano paralelo se compone de subunidades que actúan más o menos independientemente, o en paralelo. Este tipo de órganos puede seguir funcionando incluso si una de sus subunidades está críticamente dañada. Un ejemplo de órganos paralelos son los pulmones. Un paciente mantiene su función pulmonar adecuada incluso si una porción de su pulmón no es viable. El parámetro “n” cuyo rango es de 0 a 1, es más cercano a 1 para estos órganos.

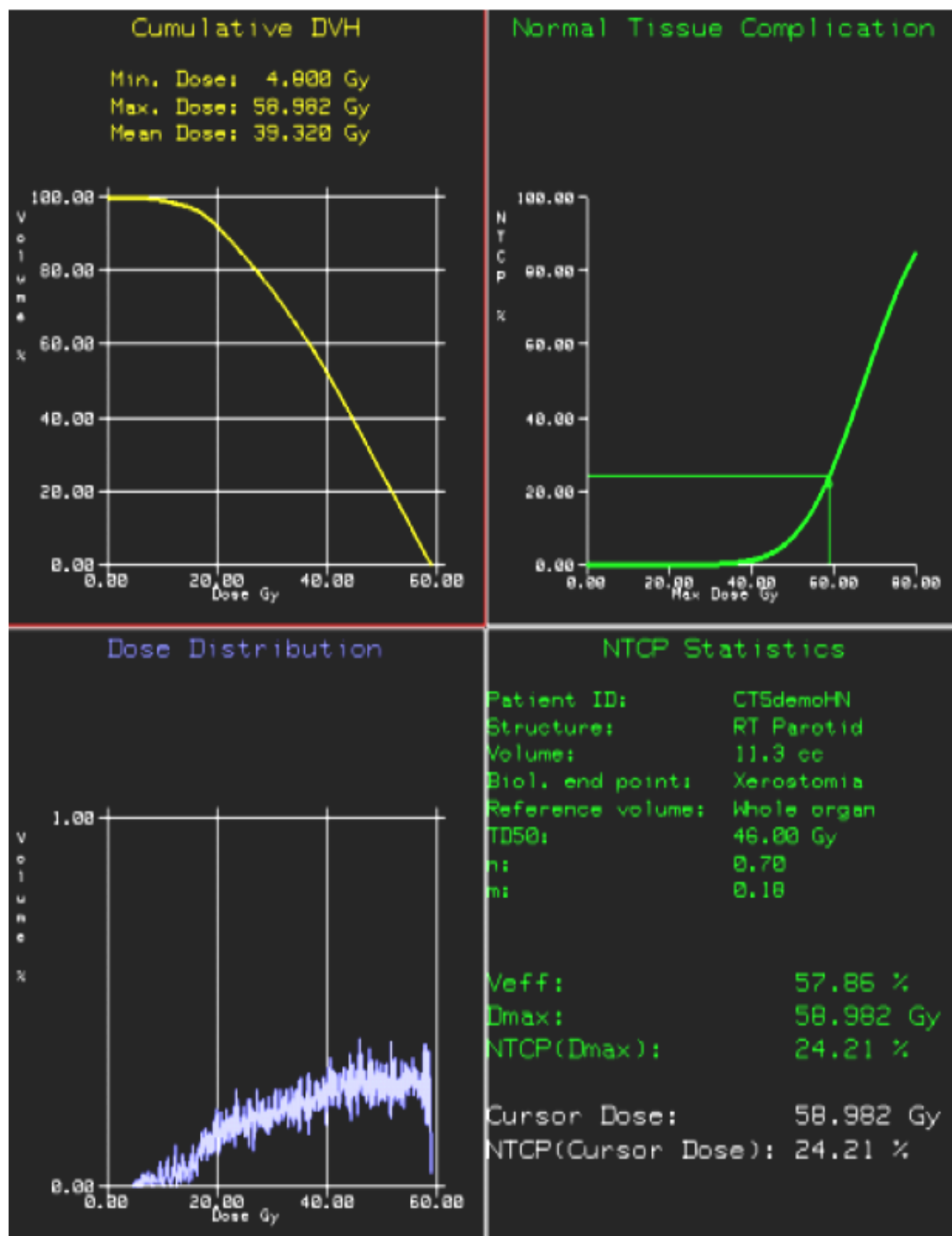
La figura TCP/NTCP 1 ilustra el resultado del NTCP para una parótida en un tratamiento de cabeza y cuello. Las líneas localizadoras sobre la curva del NTCP nos dan cuenta del estado de la dosis en el plan. Desplazando la línea a la derecha o izquierda de la curva se representa la disminución o el aumento respectivamente de la dosis entregada de acuerdo a una configuración específica de tratamiento.

La figura TCP/NTCP 2 ilustra el NTCP para la médula espinal. La columna es un órgano serial, como evidencia el bajo valor del parámetro n (0,05). En este ejemplo, la probabilidad de complicación es baja porque la dosis máxima que recibe el órgano se mantiene por debajo del límite de tolerancia.

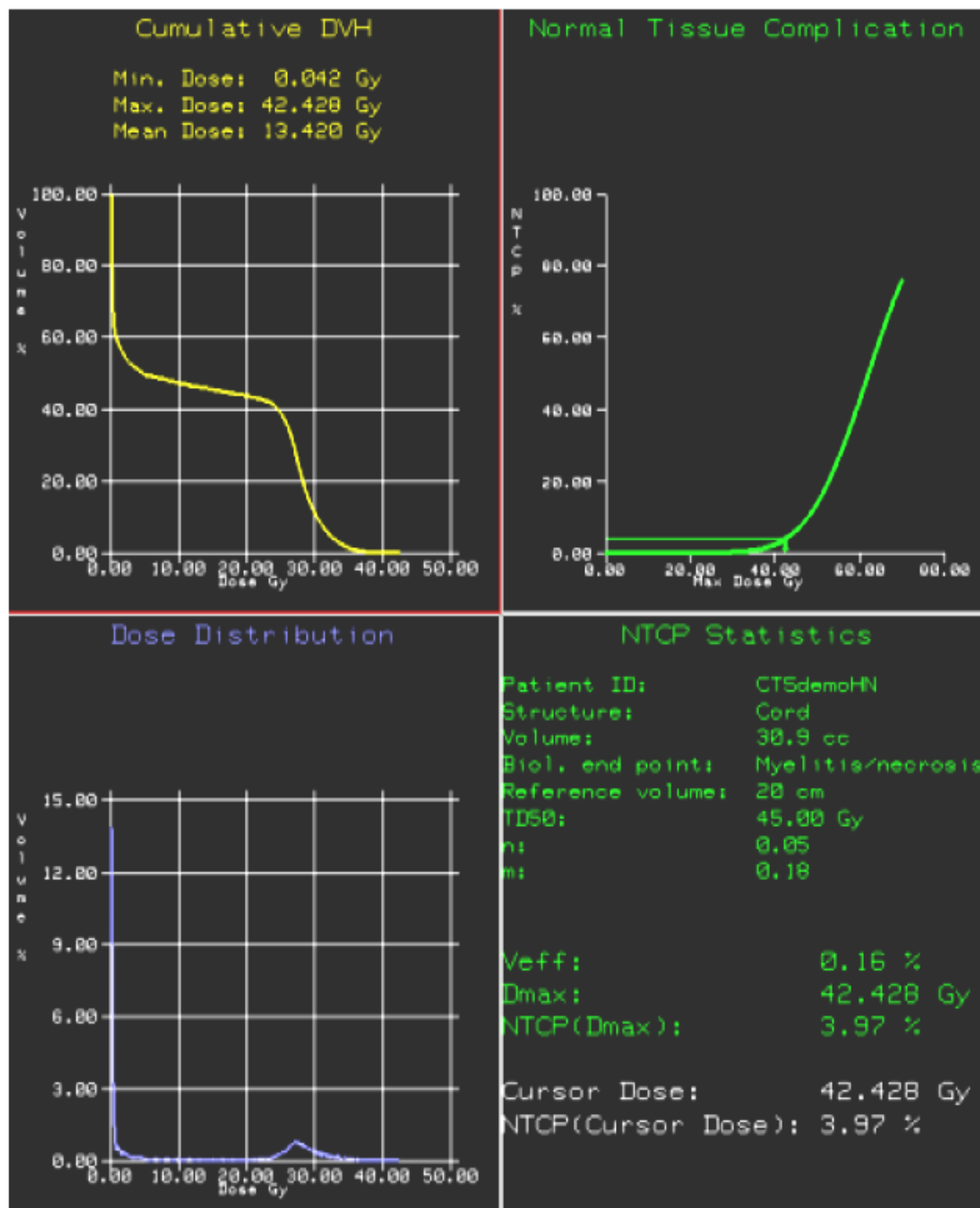
La figura TCP/NTCP 3 muestra como un punto caliente pequeño en la médula espinal modifica el NTCP. Esta figura es similar a la anterior, con la excepción de que se creó un punto caliente pequeño. Note que el NTCP está representado contra la dosis máxima recibida por la estructura crítica debido a la naturaleza del modelo del volumen eficaz. Consecuentemente, a pesar de distribuciones muy similares de la dosis y la dosis promedio, los valores de  $v_{\text{eff}}$  y  $D_{\text{max}}$  son perceptiblemente diferentes, al igual que la forma de la curva del NTCP.



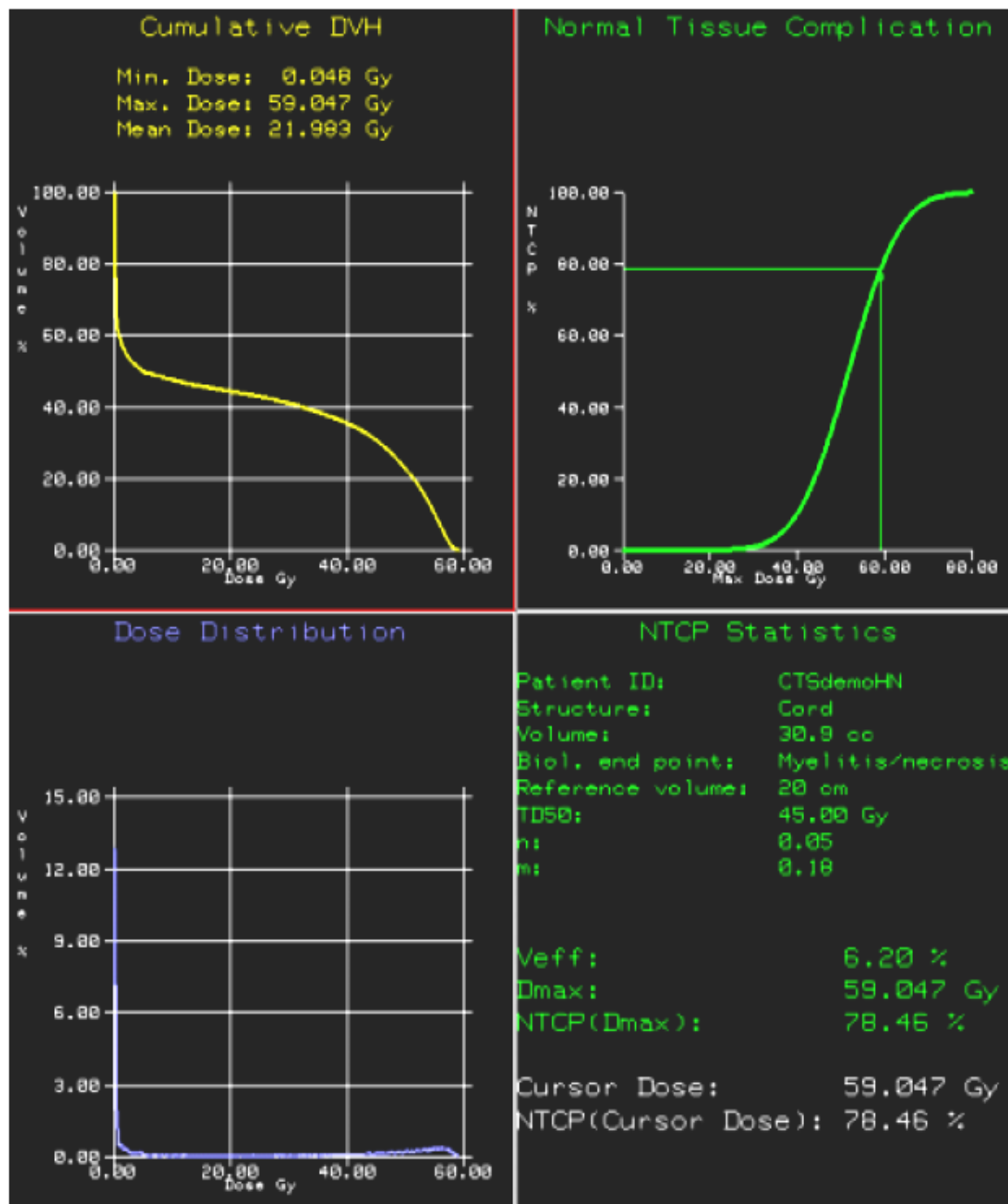
Figura TCP/NTCP 1: NTCP de la Parótida



**Figura TCP/NTCP 2:** Ilustración del NTCP de médula espinal mostrando baja probabilidad de complicación.



**Figura TCP/NTCP 3:** Representa el NTCP de médula espinal con distribución de dosis idéntica a la figura 4, excepto por la presencia de un punto caliente en la médula.



El modelo NTCP debe ser usado sólo como una herramienta ilustrativa o de aprendizaje y no para el cálculo absoluto, ya que no es posible determinar la probabilidad de complicación de un paciente con seguridad. Muchos de los datos son obtenidos de revisiones bibliográficas y los datos originales tienen alta incertidumbre. Además, los datos que se suponen representan la irradiación uniforme a un volumen parcial o total de un órgano, podrían no tener la corrección para la heterogeneidad de la dosis. Sin embargo, el modelo NTCP trae a luz importantes verdades acerca de tejidos y órganos, especialmente en estimar las diferencias en las tolerancias a la distribución de dosis tanto de los órganos “seriales” como de los órganos “paralelos”<sup>9, 12, 13, 14</sup>.

# OBJETIVOS

## GENERAL:

Comparar dosimetría de la técnica de tratamiento convencional versus la conformacional en radioterapia para tumores de cabeza y cuello, que cumplan con los criterios de inclusión establecidos, tratados en servicio de radioterapia de la Fundación Arturo López Pérez, durante el año 2007 y primer semestre del 2008.

## ESPECÍFICOS:

- Comparar las distribuciones dosimétricas mediante histograma dosis-volumen para cada plan de tratamiento en un mismo paciente con tumor de cabeza y cuello, considerando como estándar el plan de tratamiento convencional.
- Evaluar la dosis en cGy que cubre el 100% del volumen blanco planificado (PTV).
- Medir volumen de médula espinal irradiado según cada plan de tratamiento.
- Estimar la probabilidad de complicación de tejido normal (NTCP) de la médula espinal.
- Calcular el índice de conformidad.
- Calcular la razón de conformación de dosis.

## **HIPÓTESIS**

La técnica conformacional mejora la distribución de dosis al PTV, se espera que el índice de conformidad esté entre los valores 0,97 y 1,05 y que el máximo de dosis se acote de mejor forma al PTV, puesto que la razón de conformación de dosis es más cercana a 0 que la obtenida en la técnica convencional.

La técnica conformacional disminuye la dosis absorbida en médula espinal, lo que se vería demostrado por que disminuye el NTCP en comparación al obtenido con la técnica convencional.

# MATERIALES Y MÉTODOS

## POBLACIÓN EN ESTUDIO

Todos los tratamientos de radioterapia externa para cáncer de cabeza y cuello, comprendidos entre la base del cráneo y el manubrio esternal, realizados en el Servicio de Radioterapia de la Fundación Arturo López Pérez entre los años 2007 y primer semestre del 2008, que cumplan con los requisitos establecidos en los criterios de inclusión.

### Criterios de Inclusión:

- Tratamientos de radioterapia externa para cáncer de cabeza y cuello realizados en el servicio de Radioterapia de la Fundación Arturo López Pérez.
- Tratamientos de radioterapia externa para cáncer de cabeza y cuello, simulados en Tomografía Computada, calculados en planificador *XIO* del servicio de Radioterapia de la Fundación Arturo López Pérez.
- Tratamientos cuyas dosis prescritas previamente por el radioterapeuta sean de 5040 cGy al PTV.
- Tratamientos en que se prescriba irradiar cadenas ganglionares, en todos sus niveles del cuello; es decir ganglios cervicales y supraclaviculares.

### Criterios de Exclusión:

- Tratamientos de radioterapia externa para cáncer de cabeza y cuello realizados en el equipo de Cobalto-60 del servicio de Radioterapia de la Fundación Arturo López Pérez.
- Tratamientos de radioterapia externa para cáncer de cabeza y cuello calculados en planificador *Theraplan Plus* del servicio de Radioterapia de la Fundación Arturo López Pérez.
- Tratamientos de radioterapia externa para cáncer de cabeza y cuello para cáncer de laringe en etapa I realizados en el servicio de Radioterapia de la Fundación Arturo López Pérez.
- Tratamientos en que se prescriba una irradiación que no considere todas las cadenas ganglionares, tanto cervicales como supraclaviculares.

Todos aquellos pacientes que cumplieron con los requisitos de inclusión contaban con su ficha clínica al día, tomografía computada (TC) correspondiente, y la planificación previamente establecida por el radioterapeuta, lo cual permitió realizar cada uno de los planes de tratamiento, es decir: técnica convencional y conformacional, según las indicaciones dadas por el radioterapeuta y contemplando las dosis límites de los órganos críticos.

Se accedió a la base de datos del planificador, desde donde fueron rescatados las TC y planes de tratamiento convencionales de todos los pacientes tratados con radioterapia externa para cáncer de cabeza y cuello en la Fundación Arturo López Pérez. Dando un total de 60 casos, correspondientes a un censo realizado entre el año 2007 y primer semestre del 2008, de los cuales solo 15 cumplían con los criterios de inclusión previamente establecidos, constituyendo la población en estudio. Posteriormente a esta población en estudio se le realizó el plan de tratamiento conformacional, para luego comparar con el plan de tratamiento convencional, rescatado desde el planificador.



Por lo tanto, la unidad de análisis de este estudio corresponde a cada plan de tratamiento, tanto convencional como conformacional, realizado a los pacientes tratados en el Servicio de Radioterapia de la Fundación Arturo López Pérez, que cumplieron con los criterios de inclusión durante el año 2007 y primer semestre 2008.

En este estudio, sólo se consideró la irradiación hasta los 5040 cGy, sin considerar sobreimpresiones.

## **DISEÑO**

Se realizó un estudio cuasi experimental de comparación de isodosis mediante las técnicas convencional y conformacional realizadas en un mismo paciente con tumor de cabeza y cuello, que cumpliera con los criterios de inclusión previamente establecidos.

# OBTENCIÓN DE DATOS

## Procedimiento

Para este estudio se utilizaron las fichas de tratamiento de cada paciente; el planificador computacional XiO, que contiene la tomografía computada (TC) previamente realizada al paciente y el plan de tratamiento convencional.

El cálculo de los planes de ambas técnicas de tratamiento se realizó con el algoritmo Convolution.

Mediante la obtención de las imágenes de TC y planes de tratamiento convencionales, se procedió a dibujar el PTV el cual incluye el tumor y los ganglios linfáticos de todos los niveles del cuello, y luego se contorneo la médula espinal por ser un órgano de riesgo. Este procedimiento se realizó en cada uno de los pacientes que constituyeron la muestra, para luego medir el NTCP de la médula espinal, la dosis que cubre el 100% del PTV, el volumen efectivo de la médula, la dosis máxima de la médula, la dosis máxima del PTV, la dosis media del PTV, el volumen del PTV con 5040 cGy y calcular el índice de conformidad y razón de conformación de dosis en el plan de tratamiento convencional, obteniéndose así todos los datos necesarios de esta técnica; para luego realizar el plan de tratamiento con técnica conformacional a cada paciente constituyente de la muestra, con las mismas condiciones establecidas para el plan de tratamiento convencional previamente realizado.

Una vez terminado el plan conformacional se midieron los mismo parámetros establecidos para el tratamiento con técnica convencional es decir, NTCP de la médula espinal, la dosis que cubre el 100% del PTV, el volumen efectivo de la médula, la dosis máxima de la médula, la dosis máxima del PTV, la dosis media del PTV, el volumen del PTV con 5040 cGy y se calculó el índice de conformidad y razón de conformación de dosis en el plan conformacional. Obteniéndose así la base de datos necesaria.

Finalmente se realizó un análisis comparativo de las diferentes alternativas de tratamientos analizados es decir, técnica convencional y técnica conformacional, tanto para cada paciente en particular como para el grupo de estos a fin de estandarizar resultados.

## VARIABLES

Las variables independientes corresponden a cada uno de los planes de tratamiento descritos y realizados para cada paciente en particular, es decir, técnica convencional y conformacional.

Las variables dependientes analizadas en este estudio son:

- Dosis al 100% del PTV
- NTCP en médula espinal
- Índice de conformidad
- Razón de conformación de dosis
- Volumen efectivo médula
- Dosis máxima médula
- Dosis máxima del PTV
- Dosis media del PTV
- Volumen del PTV con 5040 cGy

*Dosis al 100% del PTV*, corresponde a la dosis en cGy que envuelve el PTV en su totalidad, independientemente que la dosis prescrita este establecida a la isodosis del 95%.

El *NTCP de la médula espinal* es el porcentaje o probabilidad de complicaciones post tratamiento en relación a las dosis recibidas y la radiosensibilidad del órgano en cuestión.

*Índice de conformidad ( $I_c$ )*, describe la razón entre la dosis media y la dosis prescrita, sirve para evaluar la dosis máxima y puntos calientes que puedan existir dentro del volumen; se estableció como dosis correcta para el tratamiento aquellas que no superan en un 7% ( $I_c = 1,07$ ) la dosis prescrita ni son menores en un 5% ( $I_c = 0,95$ ).

$$I_c = \frac{\text{Dosis Media}}{\text{Dosis prescrita}} \quad (\text{ecuación 7})$$

*Razón de conformación de dosis ( $R_c$ )*, es la relación que existe entre un Punto, situado a la mitad de la distancia entre el borde externo del PTV y el borde externo del paciente, y el Punto ICRU ubicado en el centro del PTV. Esta relación nos permite evaluar cuan acotada se encuentra la dosis al PTV y medir el grado de irradiación a tejidos sanos circundantes. Sus valores se encuentran entre 0 y 1, siendo 1 la radiación igual tanto en el PTV como en tejidos circundantes y 0 cuando la dosis esta limitada totalmente al PTV sin irradiar el tejido circundante.

$$R_c = \frac{\text{Punto D}}{\text{Punto ICRU}} \quad (\text{ecuación 8})$$

*Volumen efectivo de la médula espinal*, se refiere a la cantidad en cc de médula que es irradiada durante el tratamiento. Esta variable resulta del volumen total de la médula ponderado por el porcentaje de la misma que es irradiado en el plan de tratamiento.

$$V_{eff} = V_t \cdot V_{ir} \% \quad (\text{ecuación 9})$$

*Dosis máxima de la médula*, corresponde al valor máximo de dosis que recibe la médula al 1% de su volumen

*Dosis máxima del PTV*, corresponde a la dosis máxima que posee el volumen de planeamiento (PTV).

*Dosis media del PTV*, es el promedio de la dosis que se entrega al PTV.

*Volumen del PTV con 5040 cGy*, se define como el porcentaje del volumen total del PTV que recibe la dosis prescrita de 5040 cGy.

## MÉTODO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se elaboró planilla Excel con las variables en estudio por cada paciente; para procesar los datos se utilizó el software estadístico SPSS versión 15.0 para Windows. Se obtuvieron medidas de resumen de cada variable, análisis de normalidad de las variables mediante test de Kolmogorov- Smirnov en ambos grupos. La distribución de las variables, en general, no resultaron ser normales, por lo tanto, se optó por el estadístico U de Man Whitney para muestras independientes, con corrección de Lilliefors, para probar diferencias significativas entre ambos planes de tratamiento. Todas las pruebas con  $p < 0,05$ <sup>15,16</sup>.

# RESULTADOS

## 1. Características de la población en estudio.

Se revisaron 60 tratamientos con radioterapia externa para cáncer de cabeza y cuello, realizados en las fechas programadas, de los cuales, fueron excluidos:

- 3 por falta y/o extravió de ficha clínica
- 14 por tener plan de tratamiento realizado en Theraplan plus
- 6 por hiperextensión de cuello
- 4 por contar con imágenes de tomografía computada incompleto
- 13 por no aparecer en la base de datos del planificador XiO
- 5 por contar con plan de tratamiento para cáncer de laringe en etapa I

Por lo tanto, la muestra constó de un total de 15 pacientes, es decir 30 unidades de análisis; los cuales correspondieron a los siguientes diagnósticos:

- 3 pacientes con cáncer de Orofaringe
- 3 pacientes con cáncer de Laringe
- 2 pacientes con cáncer de Base de Lengua
- 2 pacientes con cáncer de Hipofaringe
- 1 pacientes con cáncer de Parótidas
- 1 pacientes con cáncer de Maxilar Izquierdo
- 1 pacientes con cáncer de Seno Piriforme
- 1 pacientes con cáncer de Laringe
- 1 pacientes con cáncer de Paladar



## **2. Comparación dosimétrica mediante histograma dosis-volumen para ambos planes de tratamiento.**

En tabla I, se observa que la dosis máxima de médula espinal alcanza un promedio mayor en el tratamiento planificado según técnica convencional, superando en un 3,53% a la dosis máxima obtenida con la técnica conformacional.

Con respecto al PTV la dosis máxima alcanzada en la técnica convencional es en promedio un 1,19% mayor que la dosis máxima alcanzada por el PTV en técnica conformacional. En cuanto a la dosis media del PTV, la técnica conformacional supera en un 0,59 % a la dosis media obtenida con la técnica convencional.

Considerando que la dosis prescrita es de 5040 cGy al PTV, se tiene que, en la técnica convencional el volumen del PTV que recibe la dosis prescrita es en un 1,47% menor que en la técnica conformacional.

Según se muestra en la tabla I la técnica que logra de mejor manera cubrir el 100% del PTV, con la dosis más cercana a la prescrita, resulta ser la técnica conformacional siendo su promedio 1,15% superior al alcanzado por la técnica convencional.

En la tabla I se identifica la amplia diferencia existente entre ambos tratamientos para esta variable, observándose que la técnica convencional supera en 196% el volumen efectivo irradiado con el técnica conformacional. Por otro lado se muestra que la diferencia en el NTCP de la médula espinal entre ambas técnicas de planificación es considerablemente mayor en la técnica convencional, difiriendo en 73,63% de la técnica conformacional.

Finalmente la tabla muestra que, si bien ambos índices de conformidad se encuentran dentro del rango establecido (1,07 – 0,95), existe una diferencia de 0,93%, a favor de la técnica convencional. Lo cual significa que la dosis entregada con la técnica convencional al PTV es en un 0,93% más homogénea que en la técnica conformacional.

En relación a la razón de conformación de dosis, en la misma tabla se visualiza que existe una diferencia de 1% entre ambas técnicas, aun cuando estas se encuentran dentro del rango establecido (0 – 1). Correspondiendo a la técnica conformacional, la mejor razón de conformación de dosis al PTV, por tener un valor mas cercano a cero, e irradiar en 1% menos a los tejidos sanos circundantes con respecto a la técnica convencional.

**Tabla I:** Medidas de resumen de las variables en estudio.

Variable	Técnica convencional				Técnica conformacional			
	Min	Máx	Promedio	DS	Min	Máx	Promedio	DS
Volumen total médula	15,8	38,1	27,69	5,25	15,8	38,1	27,69	5,25
Volumen efectivo	1,87	7,77	3,70	1,597	0,25	1,89	1,25	0,45
Dosis máxima médula	4275	4542,6	4430,85	69,98	4058	4464	4274,60	133,14
NTCP médula	1,09	2,05	1,58	0,32	0,39	1,46	0,91	0,28
Dosis al 100% del PTV	4818	5032	4897,27	67,32	4805	5109	4953,47	85,28
Volumen del PTV con 5040 cGy	90,0	99	95,07	2,576	87	100	96,47	3,64
Dosis máxima del PTV	5657	6062	5880,53	134,120	5636	6190	5810,80	142,35
Dosis media del PTV	5247	5497	5334,20	75,031	5246	5654	5365,60	105,69
Índice de Conformidad	1,04	1,09	1,05	0,015	1,04	1,12	1,07	0,02
Razón de conformación de dosis	0,96	1,03	1	0,02	0,95	1,05	0,99	0,03

### 3.- Selección de prueba de análisis

Para seleccionar la prueba estadística adecuada, se probó normalidad de cada variable (Ver anexo) basado en Kolmogorov – Smirnov, obteniéndose como resultado que dos de estas variables no cumplieron con los requisitos de normalidad: porcentaje del volumen del PTV con dosis de 5040 cGy y dosis máxima del PTV (Tabla II).

**Tabla II:** Resultados de normalidad basado en Kolmogorov – Smirnov:

Variable	Técnica convencional			Técnica conformacional		
	Estadístico KS	g.l	Sig´.	Estadístico KS	g.l	Sig´.
Volumen total médula	0,157	15	0,200*	0,157	15	0,200*
Volumen efectivo médula	0,190	15	0,149	0,095	15	0,200*
Dosis máxima médula	0,136	15	0,200*	0,130	15	0,200*
NTCP médula	0,139	15	0,200*	0,091	15	0,200*
Dosis al 100% del PTV	0,163	15	0,200*	0,128	15	0,200*
Volumen del PTV con 5040 cGy	0,223	15	<b>0,043**</b>	0,292	15	<b>0,001**</b>
Dosis máxima del PTV	0,146	15	0,200*	0,264	15	<b>0,006**</b>
Dosis media del PTV	0,181	15	0,200	0,170	15	0,200*
Índice de Conformidad	0,181	15	0,200	0,170	15	0,200*
Razón de conformación de dosis	0,139	15	0,200*	0,164	15	0,200*

\* Este es un límite inferior de la significación verdadera.

\*\* no normales

La tabla III, muestra los resultados de comparación de posiciones entre ambas técnicas basado en la distribución U-de Man Whitney, la cual revela que el volumen efectivo de médula, la dosis máxima de médula y el NTCP de médula, presentan diferencias significativas entre ambos métodos ( $p < 0,05$ ).

**Tabla III.-** Comparación de técnicas basado en la distribución U-de Man Whitney

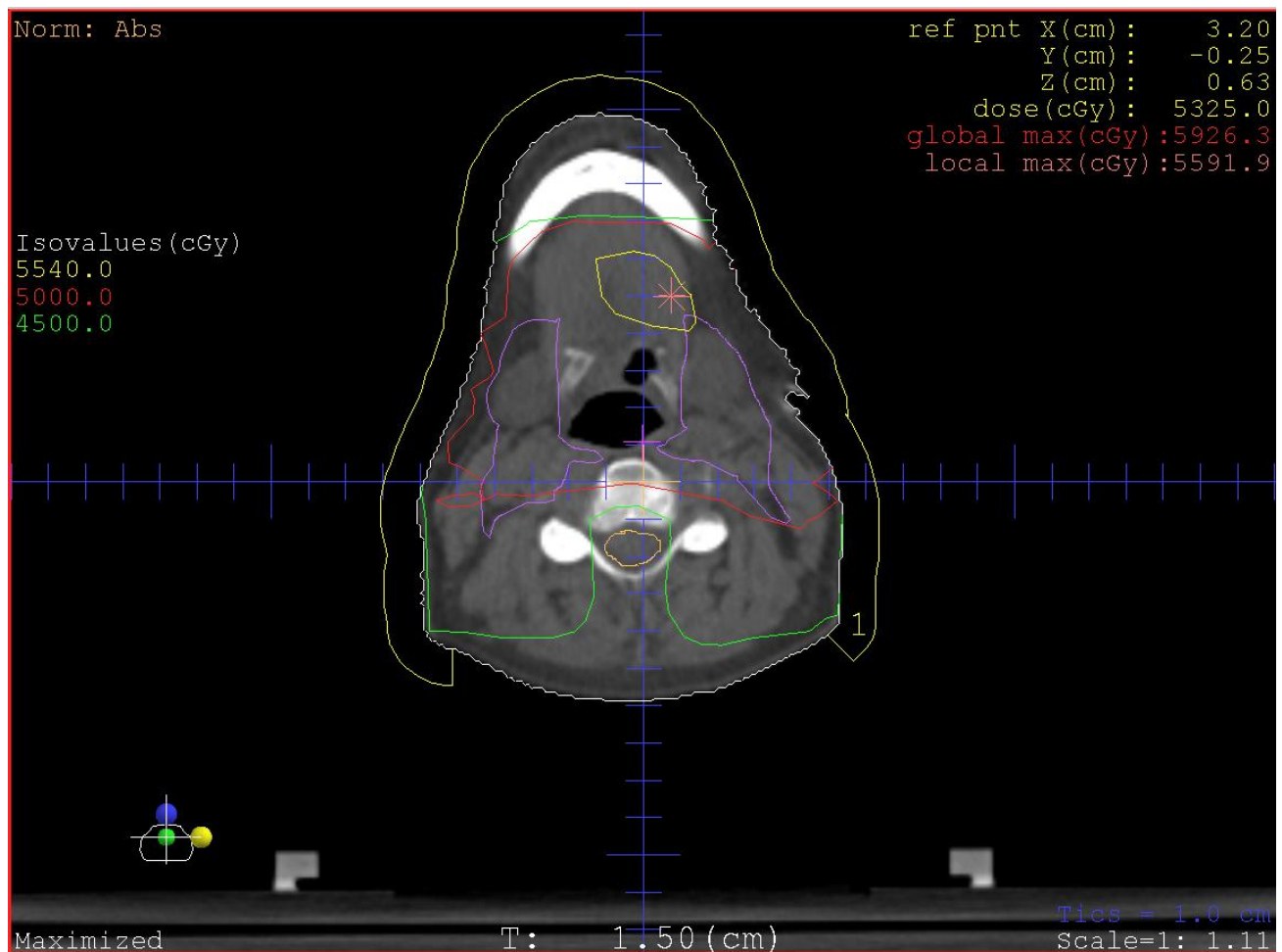
<b>Variable</b>	<b>Estadístico U de Man Whitney</b>	<b>Z</b>	<b>Sig. bilateral</b>
Volumen efectivo médula	1,00	-4,62	<b>0,00*</b>
Dosis máxima médula	32,000	-3,339	<b>0,001*</b>
NTCP médula	10,500	-4,232	<b>0,000*</b>
Dosis al 100% del PTV	66,500	-1,908	0,056
Volumen del PTV con 5040 cGy	68,000	-1,862	0,063
Dosis máxima del PTV	69,000	-1,804	0,071
Dosis media del PTV	95,000	-0,726	0,468
Índice de Conformidad	95,000	-0,726	0,468
Razón de conformación de dosis	74,000	-1,597	0,110

\*Resultados presentan diferencia significativa (con  $p < 0,05$  ).

## DISCUSIÓN

El primer análisis realizado fue la visualización de la distribución de las curvas de isodosis en los cortes axiales de las imágenes CT para cada paciente, en cada uno de los planes de tratamiento (Fig. 4 – Fig. 5).

**Figura 4:** Dosimetría Plan de tratamiento Convencional para un paciente determinado.



**Figura 5:** Dosimetría Plan de tratamiento Conformacional para un paciente determinado



De estas imágenes CT se pudo observar que las curvas de isodosis se acotan mucho mejor al PTV en el caso del plan de tratamiento conformacional, irradiando menos tejido sano circundante que en el caso del plan de tratamiento convencional.

Se observa que en el tratamiento conformacional el punto caliente se sitúa dentro del PTV, mientras que en el tratamiento convencional el punto caliente se sitúa en el tejido sano circundante.

Posterior a esto, se procedió a analizar las variables, es decir, se realizó el análisis de resultados, en los que se observa que la dosis máxima de médula espinal alcanza un promedio mayor en el tratamiento planificado según técnica convencional, superando la dosis máxima obtenida con la técnica conformacional. Esto se explicaría por los haces oblicuos aplicados en la técnica conformacional, cuya función es entregar la mayor cantidad de dosis al PTV, evitando incluir la médula espinal dentro de estos mismos.

Por otro lado, se observa que la dosis máxima al PTV alcanzada en la técnica convencional es en promedio mayor que la dosis máxima alcanzada en técnica conformacional.

En cuanto a la dosis media del PTV, la técnica conformacional supera mínimamente a la dosis media obtenida con la técnica convencional, por lo que se puede decir que ambos planes tienen en promedio la misma dosis al PTV, cumpliendo con los requisitos dados para el tratamiento.

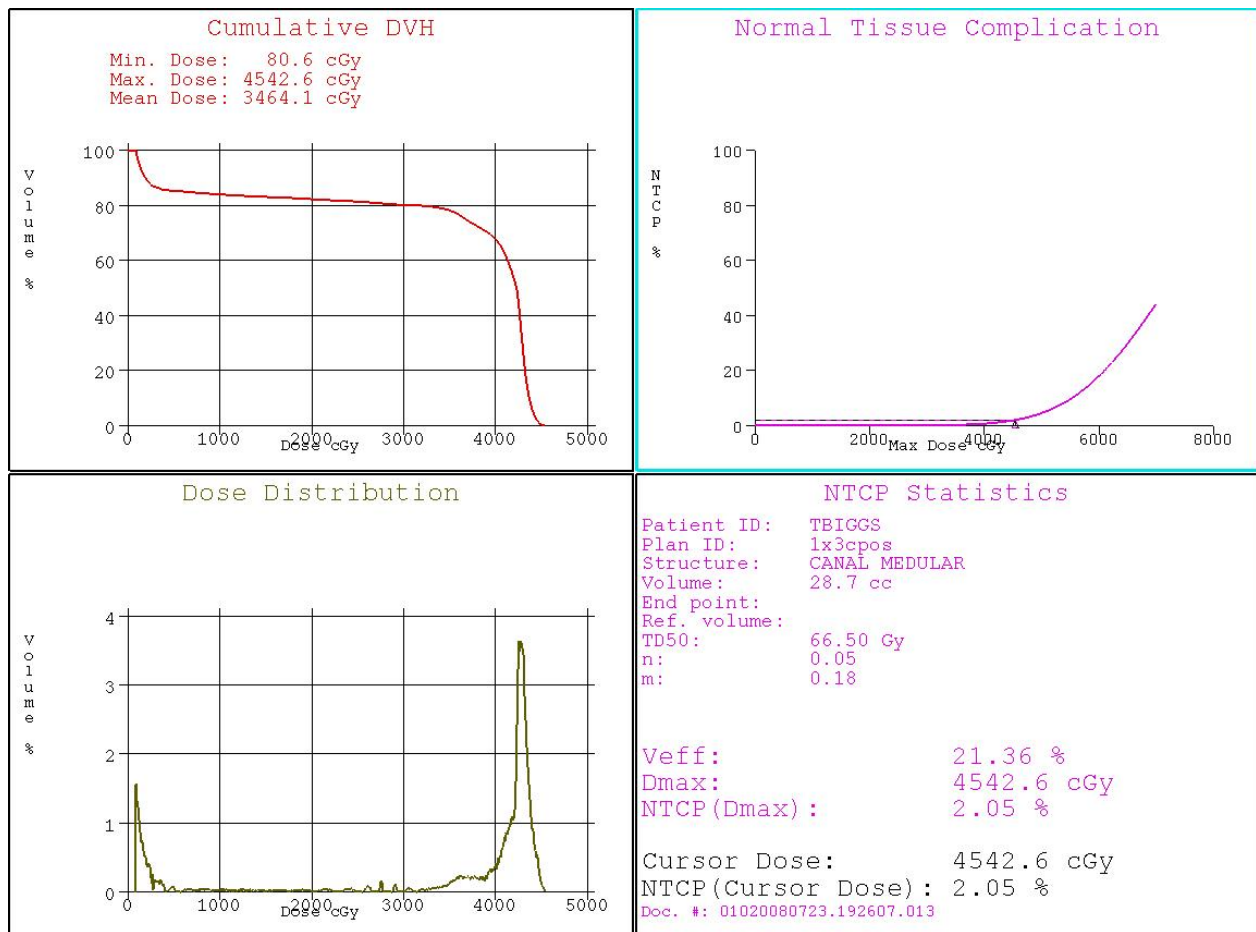
Considerando que la dosis prescrita es de 5040 cGy al PTV, se tiene que, en la técnica convencional el volumen del PTV que recibe la dosis prescrita es menor que en la técnica conformacional, esto producto de la conformación en la entrega de la dosis que posee la técnica conformacional, a diferencia de la técnica convencional, en que se irradia cuello completo; por lo que la dosis es repartida o distribuida en todo el cuello y no es acotada de mejor modo solo al PTV.

La dosis que recibe el 100% del PTV, la cual debería acercarse lo más posible a la dosis prescrita de 5040 cGy, en la técnica conformacional es superior al alcanzado por la técnica convencional. Esto debido a que se acota estrictamente al volumen del PTV, irradiando mínimamente al tejido sano circundante.

Si bien en ambas técnicas la dosis umbral de la médula no se sobrepasa, es importante considerar el volumen efectivo que es irradiado durante el tratamiento, ya que esto tiene implicancias en las futuras complicaciones que puede tener el paciente. En este caso se observa una amplia diferencia entre ambos tratamientos para esta variable, demostrando que la técnica convencional supera en ampliamente el volumen efectivo irradiado con la técnica conformacional.

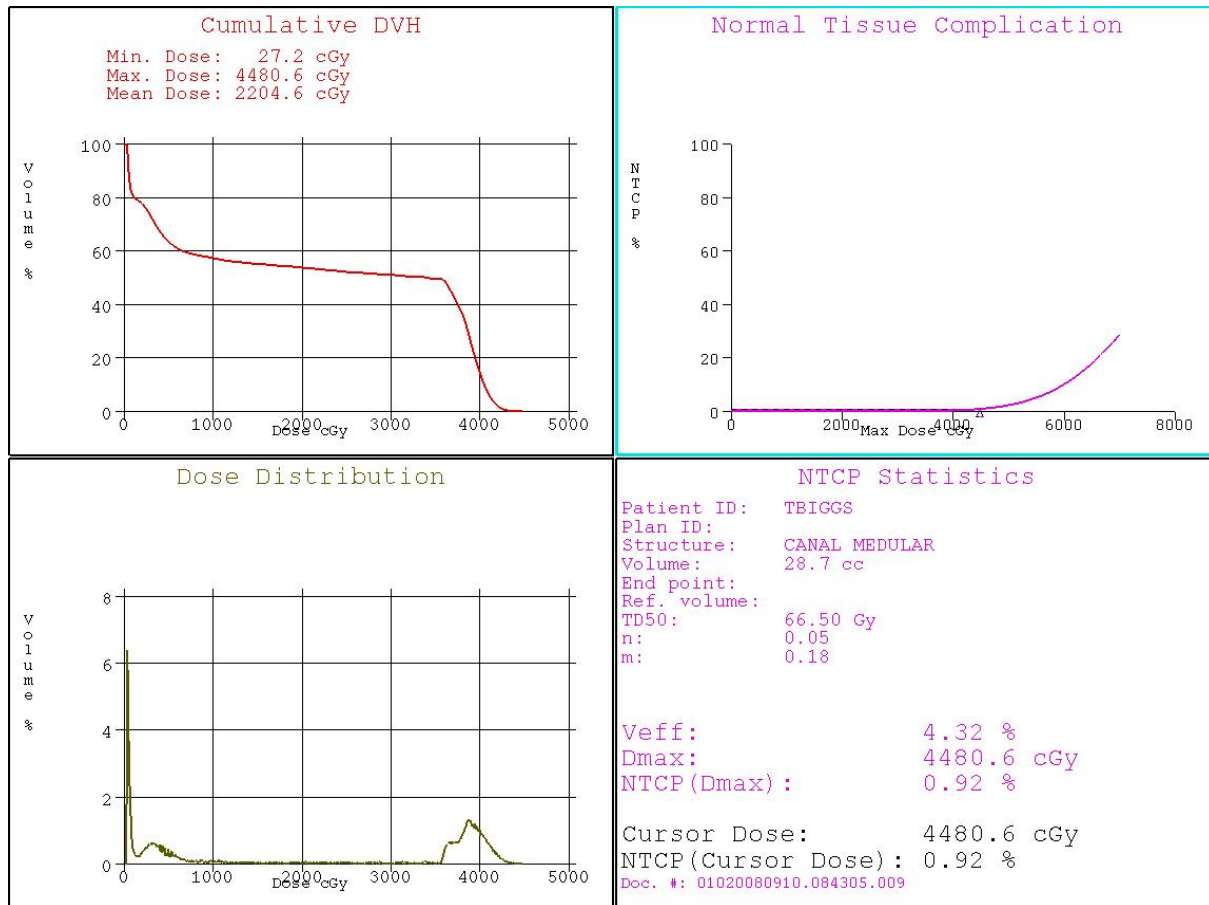
La diferencia en el NTCP de la médula espinal entre ambas técnicas de planificación es considerablemente mayor en la técnica convencional, lo cual se traduciría en que la probabilidad de daño en médula espinal a mediano y largo plazo sería mayor en pacientes tratados con la técnica convencional versus la técnica conformacional (Fig.3 – Fig.4). Esto esta directamente correlacionado con la variable anterior del volumen y la dosis máxima que la médula recibe, por lo cual su variación es muy similar los análisis previos.

**Figura 6:** NTCP de médula espinal para el plan de tratamiento Convencional





**Figura 7:** NTCP de médula espinal para el plan de tratamiento Conformacional



Por otro lado, con respecto a los índices de conformidad, que relaciona la dosis prescrita con la dosis media entregada durante el tratamiento planificado; si bien los índices de ambas técnicas se encuentran dentro del rango establecido (1,07 – 0,95), existe una leve diferencia a favor de la técnica convencional. Lo cual significa que la dosis entregada con la técnica convencional al PTV es mas homogénea que en la técnica conformacional.

En relación a la razón de conformación de dosis, que se refiere al grado de acotamiento de la dosis al PTV, se visualiza que existe una leve diferencia entre ambas técnicas, aun cuando estas se encuentran dentro del rango establecido (0 – 1) correspondiendo a la técnica conformacional, la mejor razón de conformación de dosis al PTV, por tener un valor mas cercano a cero, e irradiar menos a los tejidos sanos circundantes con respecto a la técnica convencional.

## **Ventajas**

La técnica conformacional, es una técnica simple, que no requiere uso de electrones y evita problemas de incertidumbre en la unión de campos, obteniendo una dosimetría homogénea al PTV. Por otro lado, al tratarse de una técnica isocéntrica, permite un fácil posicionamiento y mayor exactitud, acortando los tiempos de tratamiento

Es necesario destacar que la nueva técnica propuesta mantiene muy similares las dosimetrías del PTV, pero mejorando significativamente la irradiación de la médula, disminuyéndola en valores considerables.

La baja dosis máxima en médula, además de la disminución en el volumen irradiado de esta, permite una entrega de dosis posterior mayor, en el caso que se deseen tomar acciones médicas terapéuticas en un futuro, ya sea una sobreimpresión, y/o un tratamiento anexo, sin incrementar en rangos peligrosos la probabilidad de algún daño en la médula espinal.

La rapidez de la implementación del plan de tratamiento, ya sea de manera rutinaria en el equipo de tratamiento o en la misma planificación por el tecnólogo médico es altamente mayor en la técnica conformacional que en la técnica convencional, ya que requiere de un mayor número de campos a planificar, además de realizar la dosimetría física de las protecciones de cerrobend.

## **Desventajas**

La técnica conformacional, requiere mayor tiempo en la marcación de ganglios afectados, a fin de determinar de manera certera el PTV.

Por otro lado, no existe un consenso, en cuanto a la marcación de ganglios, por lo que esta dependerá del médico que realice la marcación del PTV.

## **Controversias**

Es necesario realizar estudios con una muestra mayor, para comprobar la significancia estadística.

Existe incerteza en cuan real puede ser el PTV marcado, y la detección certera de los ganglios linfáticos afectados por el tumor, de modo de que estos sean incluidos en el plan de tratamiento.

Es necesario que la técnica conformacional sea aprendida a cabalidad tanto por parte de los tecnólogos médicos como de los médicos que realizan la marcación del PTV, y así aplicar de manera eficiente esta nueva técnica para el beneficio de los pacientes y para la optimización del tiempo y del trabajo realizado en el centro.

## PROYECCIONES

Es de gran importancia investigar y poner en práctica técnicas de tratamiento alternativas, con el fin de mejorar el control tumoral y disminuir la irradiación a tejido sano, sin embargo, para llegar a ponerlas en práctica, se debe contar con estudios que respalden este cambio. Por lo que, esta tesis pretende dar información objetiva sobre una técnica alternativa a la convencional de tres campos, para el tratamiento de cánceres de cabeza y cuello.

Es necesario realizar muestreos mas grandes, y evaluaciones de acuerdo a la realidad de cada paciente, a su patología y tratamiento planeado junto al medico.

Este trabajo es capaz de fundamentar un cambio de técnica para el tratamiento de canceres de cabeza y cuello en el centro estudiado, ya que se consideran beneficios significativos, sin ir en perjuicio de otras condiciones importantes para el control tumoral; por lo que la implementación de esta técnica de planeamiento para pacientes con estas patologías seria viable y aplicable de modo rutinario en este centro.

## CONCLUSIÓN

La técnica conformacional mantiene la distribución de dosis al PTV, ya que el índice de conformidad esté entre los valores 0,97 y 1,05.

El máximo de dosis se acota de mejor forma al PTV, puesto que la razón de conformación de dosis es más cercana a 0 que la obtenida en la técnica convencional.

La técnica conformacional disminuye la irradiación en médula espinal, lo cual se demuestra ya que el NTCP es considerablemente menor en la técnica conformacional en comparación al obtenido con la técnica convencional.

Si bien se obtienen diferencias significativas en algunas de las variables, principalmente en aquellas relacionadas con la dosis entregada a la médula espinal, es necesario realizar una marcha blanca de esta técnica con un mayor número de pacientes, de modo de establecer las claras diferencias y mejoras de la técnica conformacional con respecto a la usada actualmente en el centro.

## BIBLIOGRAFÍA

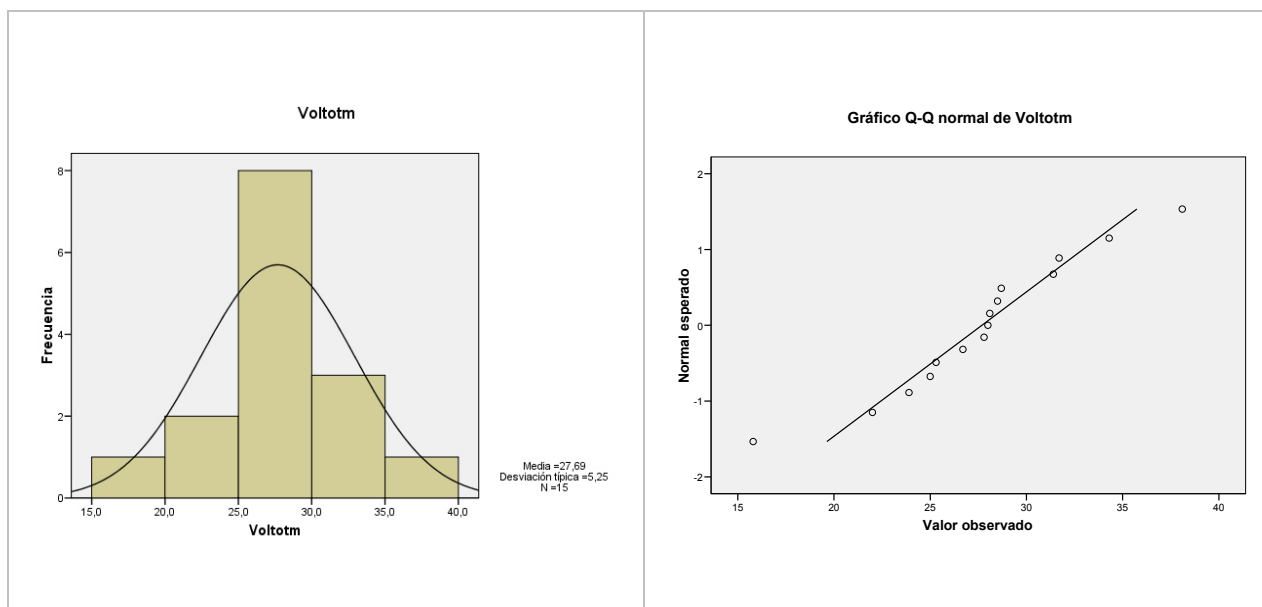
1. Urdiales C. Cordero I. *et al.* 2005. *Radioterapia paso a paso Tecnología Radiológica N° 58: 16-21.*
2. Antonella Fogliata, Dial. Ohys., Luca Cozzi, Ph.D, Sabine Bieri, M.D., Jackes Bernier, M.D., Ph.D. 1999. *Critical appraisal of a conformal head and neck cancer irradiation avoiding electron beams and field matching.* Int. J. Radiation Oncology Biol. Ohys., Vol. 45, N° 5; 1331-1338.
3. Besa P., Venencia D. 2006 *Radioterapia por modulación de intensidad (IMRT). Una nueva modalidad en el tratamiento del cáncer de cabeza y cuello.* Revista de otorrinolaringología. Cir cabeza y Cuello 2006; 66: 107-114.
4. M. Gloria Icaza, M. Loreto Núñez, Francisco Torres, Nora Díaz, David Varela. Minsal.cl. *Atlas de mortalidad por cáncer en Chile, 1997-2004.* <<http://epi.minsal.cl/SigEpi/AtlasMortalidad/Presentacion%20del%20Atlas.pdf>> [consulta 21 febrero 2008].
5. Ignacio Goñi E. Escuela.med.puc.cl. *Cáncer escamoso de cabeza y cuello.* <<http://escuela.med.puc.cl/publ/ManualCabezaCuello/CancerEscamoso.html>> [consulta 21 febrero 2008].
6. Luján P., Flores F., Durán M. *et al.* 2004. *Cáncer de cabeza y cuello. Conceptos actuales en la indicación de la radioterapia.* Gamo. Vol.3 (3): 31 – 37.
7. Faiz M. Khan, Roger A. Potish. 2000. *Treatment Planing in Radiation Oncology.* Segunda Edición. Editorial Lippincott Williams & Wilkins. Cancers of the head and neck. chapter 18; 425-448.
8. *Protocolos de planificación de tratamiento para Radioterapia externa* 2007. Fundación Arturo López Pérez .
9. Roxana Contreras, Felipe Vásquez. 2007. *Evaluación de Tratamiento Conformacional de cáncer de próstata mediante el cálculo de parámetros biológicos de TCP y NTCP.* Tesis para optar al título de Tecnólogo Médico con mención en Radiología y Física médica. Escuela de Tecnología Médica. Universidad de Chile.
10. Kehwar TS. 2005. *Analytical approach to estimate normal tissue complication probability using best fit of normal tissue tolerance doses into the NTCP equation of the*

- linear quadratic model*. Department of Radiotherapy, Postgraduate Institute of Medical Education and Research, Chandigarh – 160 012, India. Vol. 1; N° 3; 168 -179.
11. Moiseenko V., Battista J. et al. 2000. *Normal tissue complication probabilities: dependence on choice of biological model and dose-volume histogram reduction scheme*. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 46, No. 4, pp. 983–993.
  12. Computerized Medical Systems Inc. 2002. *Tumor control probability (TCP) and Normal Tissue Complication Probability (NTCP)*. Planificador XIO versión 4.2.
  13. B. Emami, J. Lyman., A. Brown et al. 1991. *Tolerance of normal tissue to therapeutic irradiation*. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. Vol. 21, pp. 109-122.
  14. V. Moiseenko, J. Battista et al .2000. *Normal tissue complication probabilities: Dependence on choice of biological model and dose-volume histogram reduction scheme*. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 46, No. 4, pp. 983–993.
  15. Hernández R., Fernández C., Baptista P. 2000 *Metodología de la Investigación*. 2ª edición. México. McGraw-Hill.
  16. Milton S.1994. *Estadística para Biología y Ciencias de la Salud*. 2ª edición. España. McGraw-Hill.

# ANEXOS

Análisis de Normalidad de cada variable; se muestra el histograma con la respectiva curva de normalidad y el gráfico Q-Q normal.

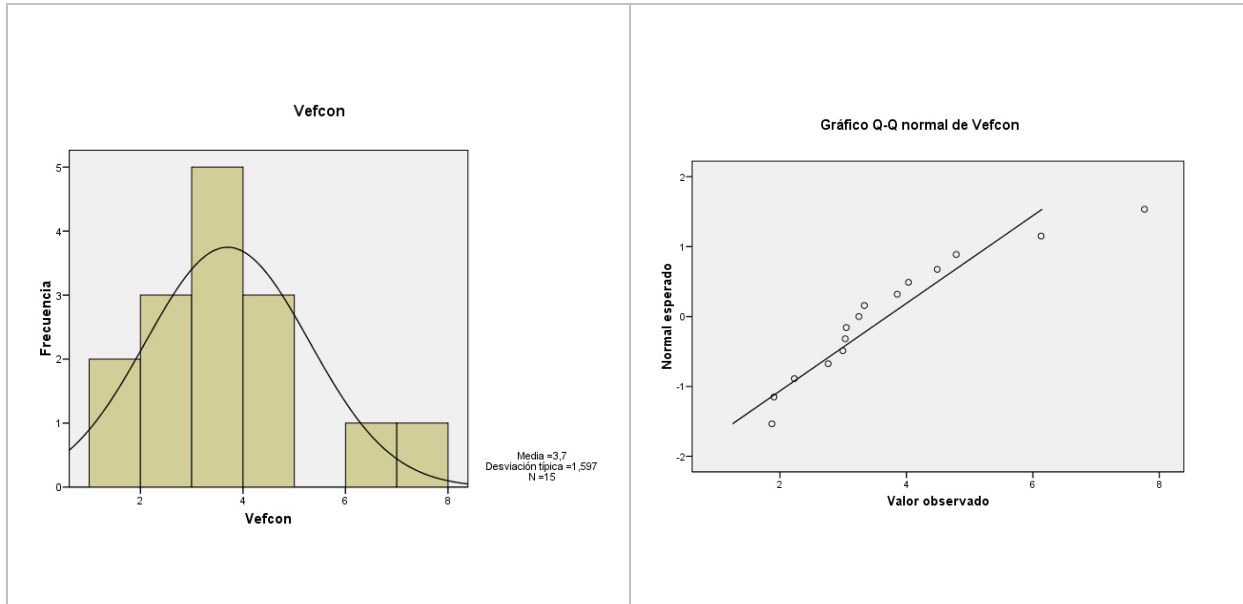
## 1. Volumen Total



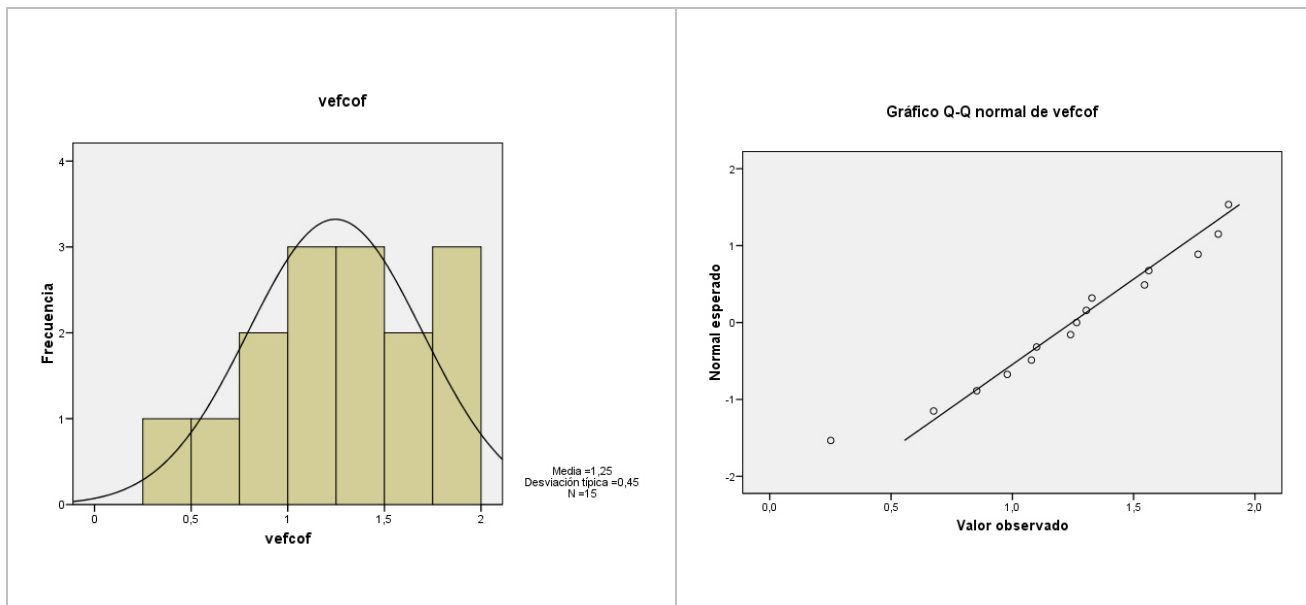


## 2. Volumen efectivo médula

### Técnica Convencional

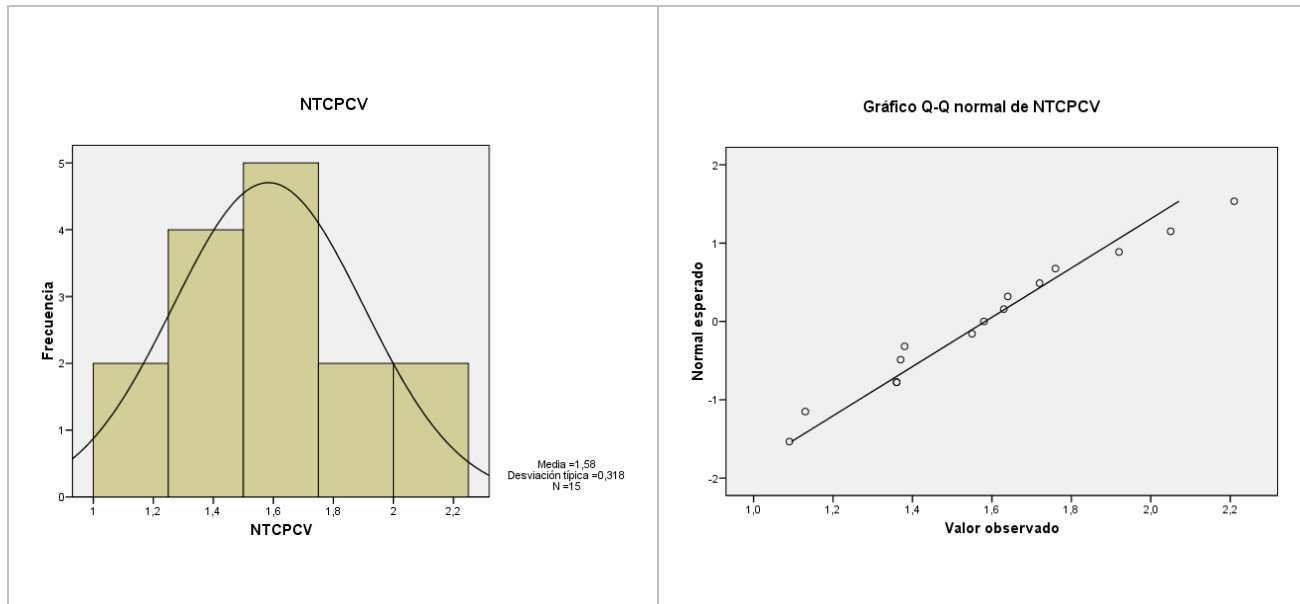


### Técnica conformacional

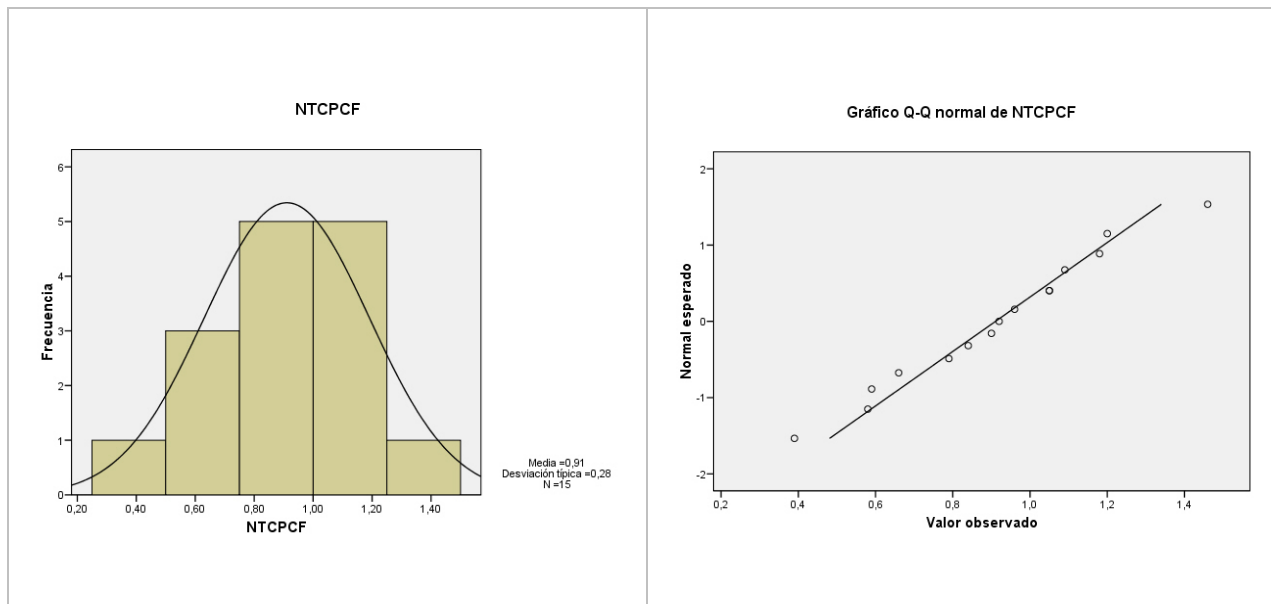


### 3. NTCP en médula espina

#### Técnica Convencional

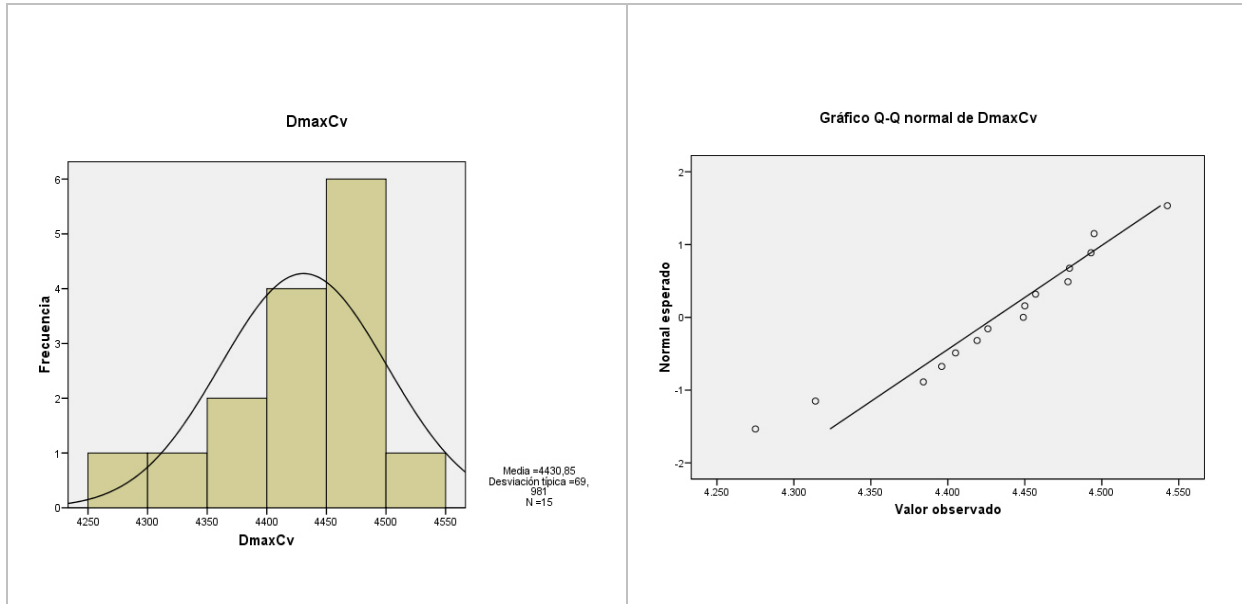


#### Técnica Conformacional

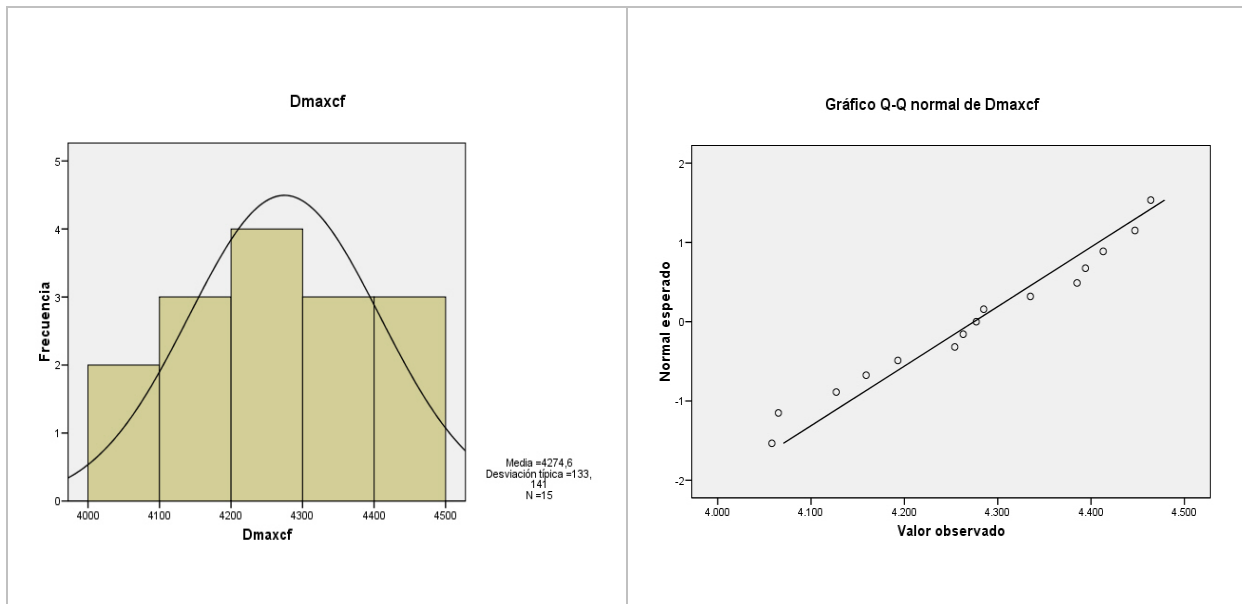


## 4. Dosis máxima médula

### Técnica Convencional

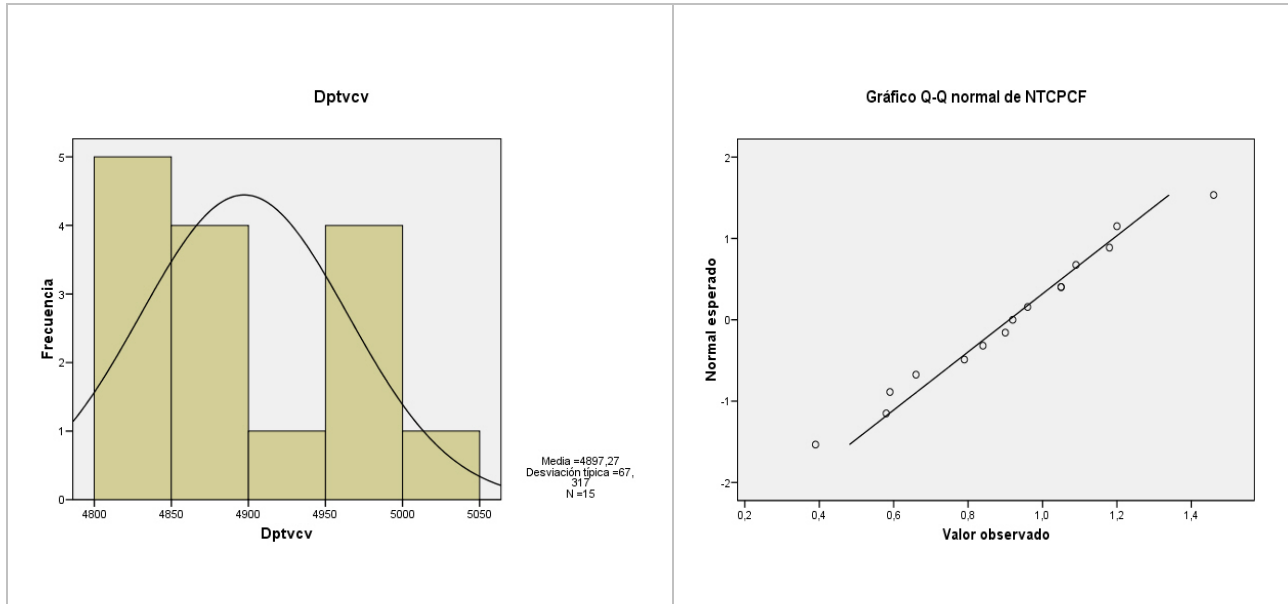


### Técnica Conformacional

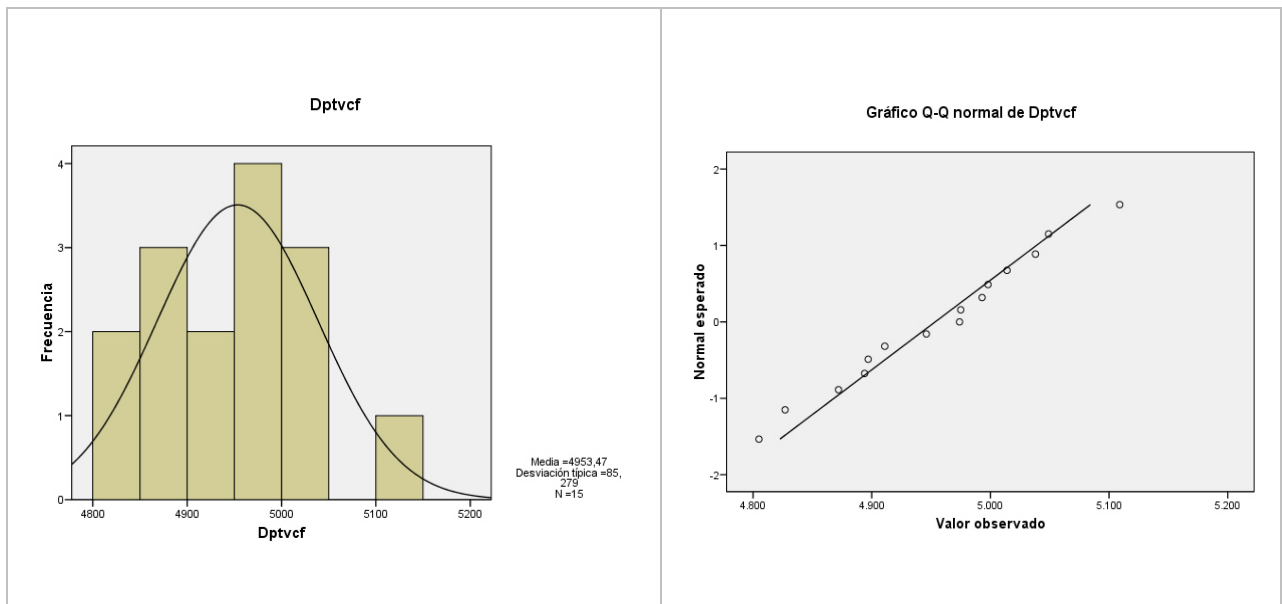


## 5. Dosis al 100% del PTV

### Técnica convencional

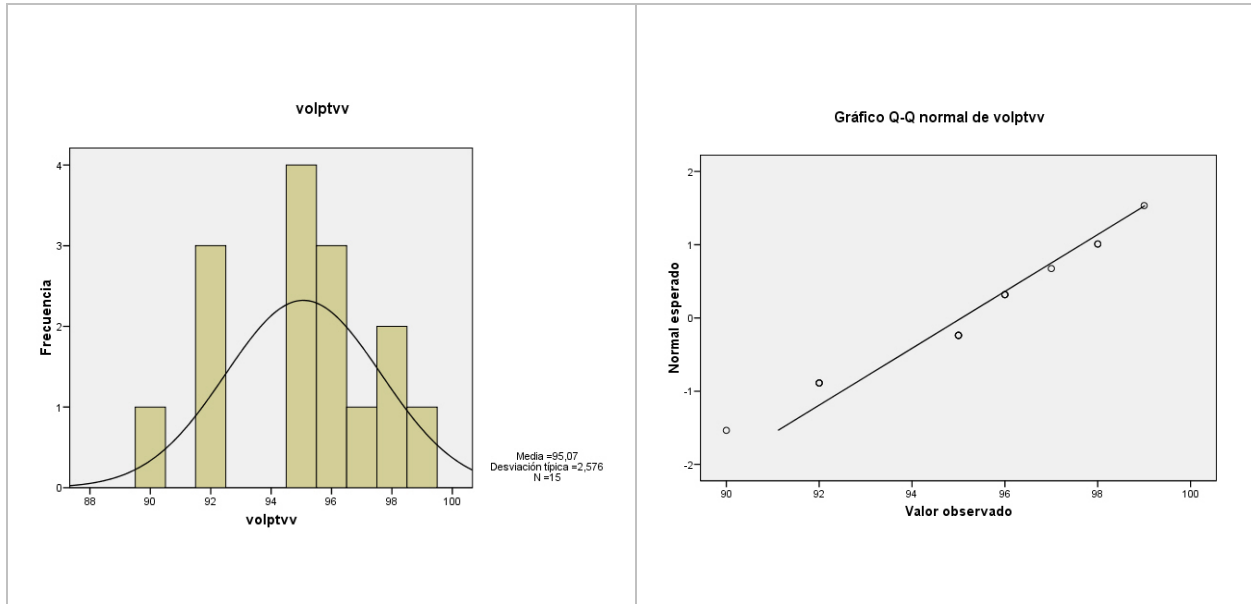


### Técnica conformacional

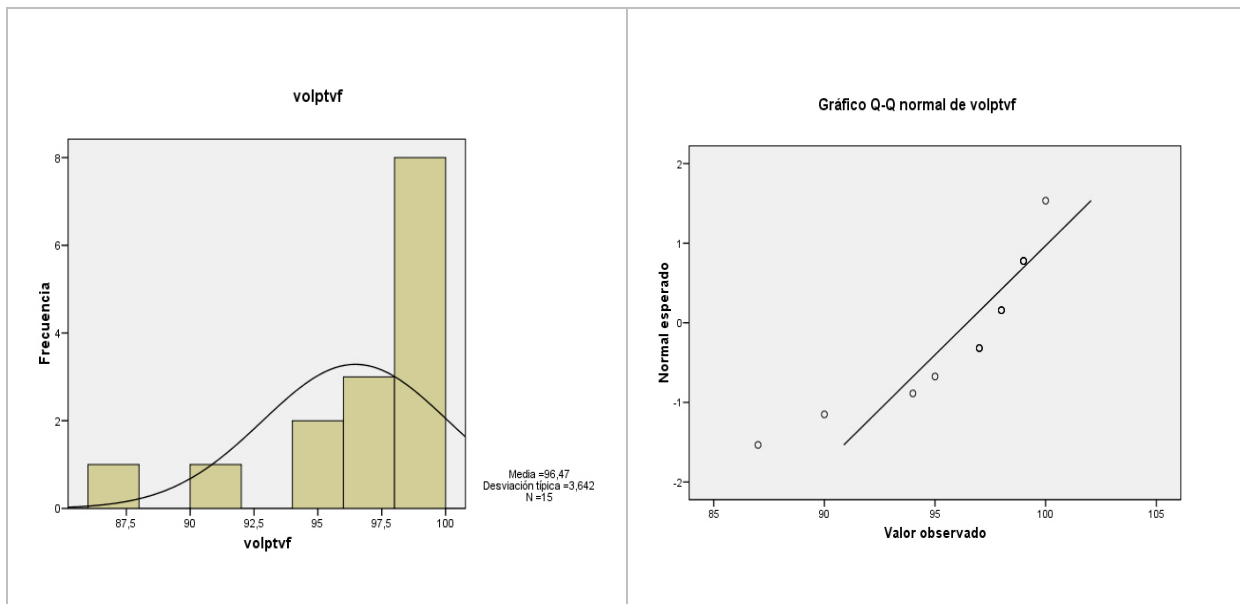


## 6. Volumen del PTV con 5040 cGy

### Técnica Convencional

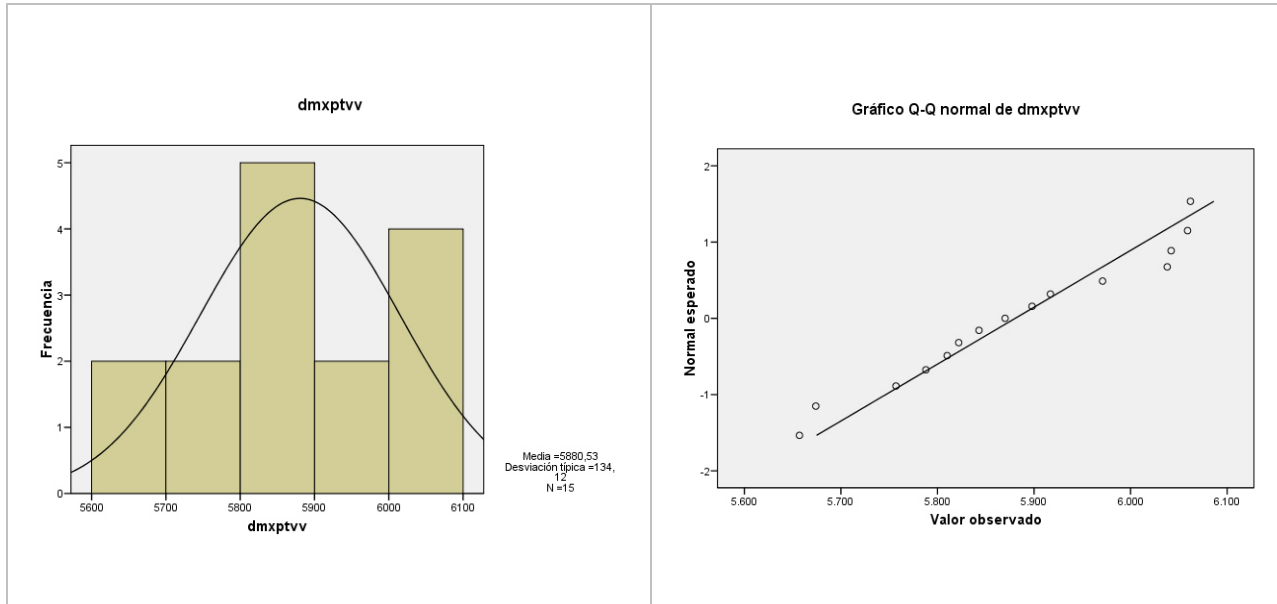


### Técnica conformacional

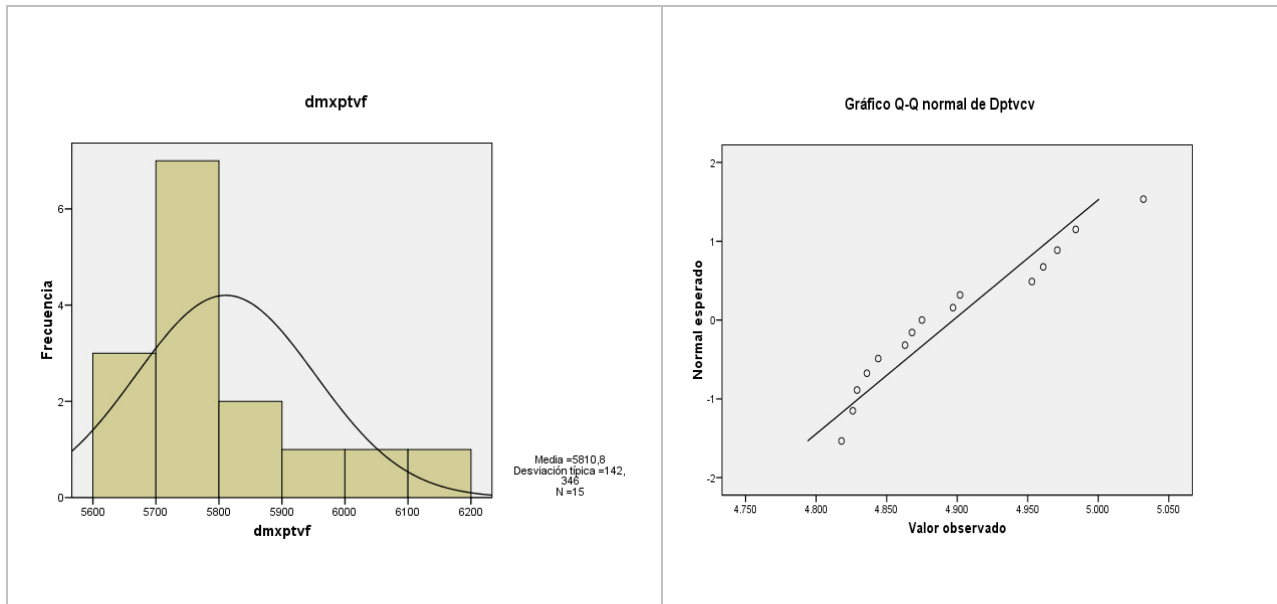


## 7. Dosis máxima del PTV

### Técnica convencional

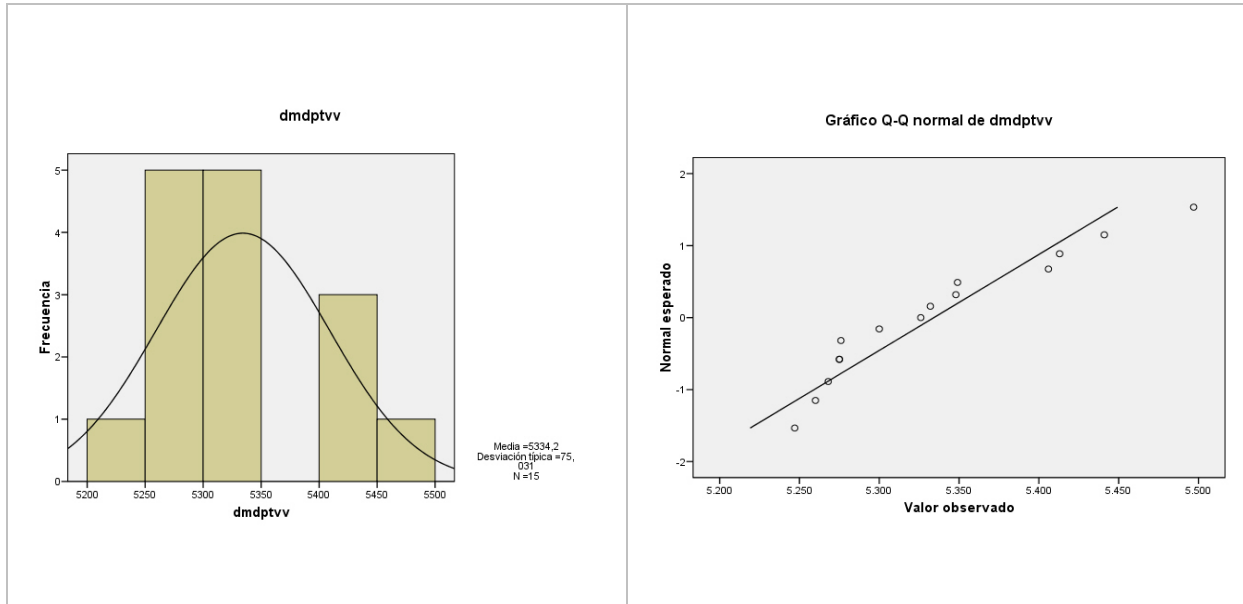


### Técnica conformacional

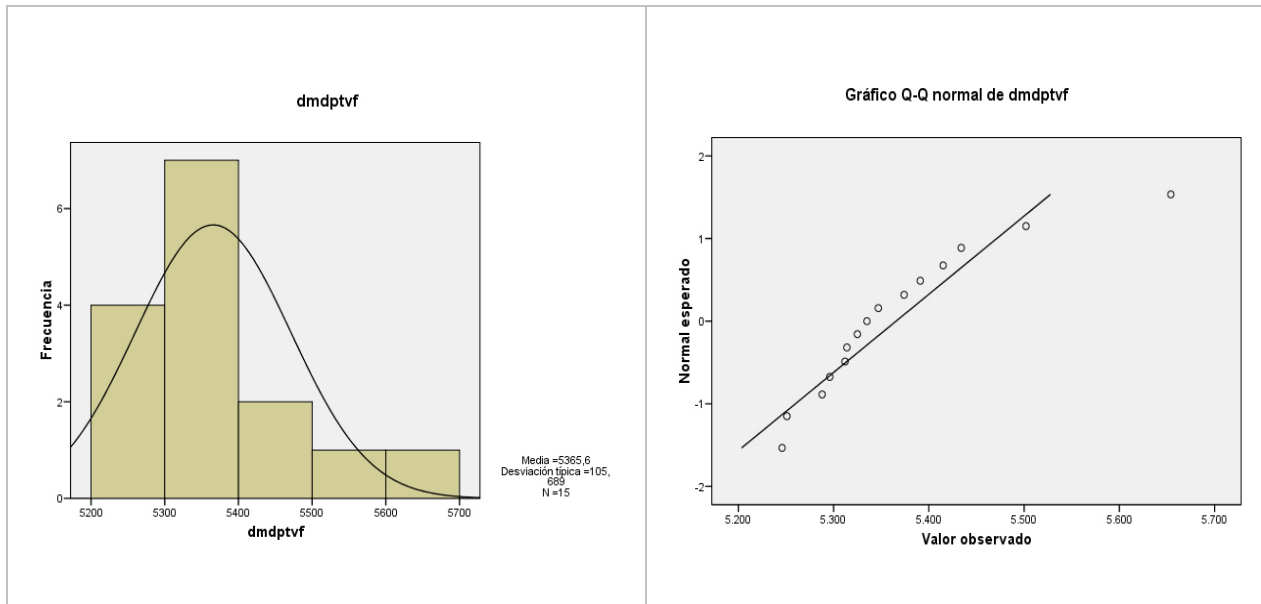


## 8. Dosis media del PTV

### Técnica Convencional

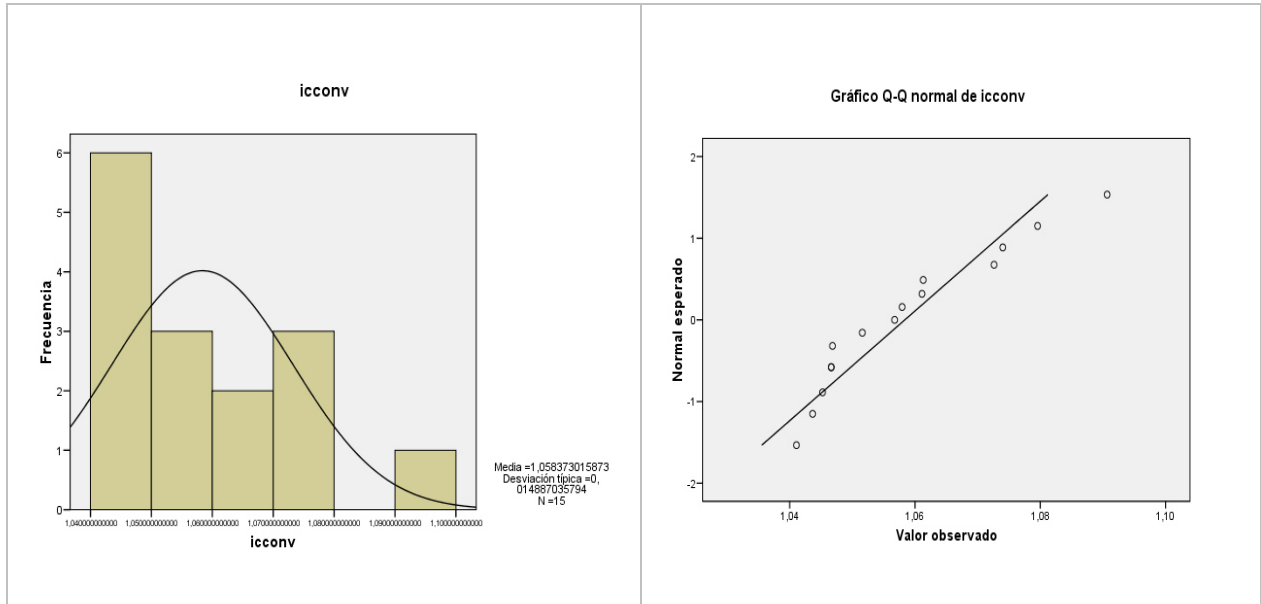


### Técnica Conformacional

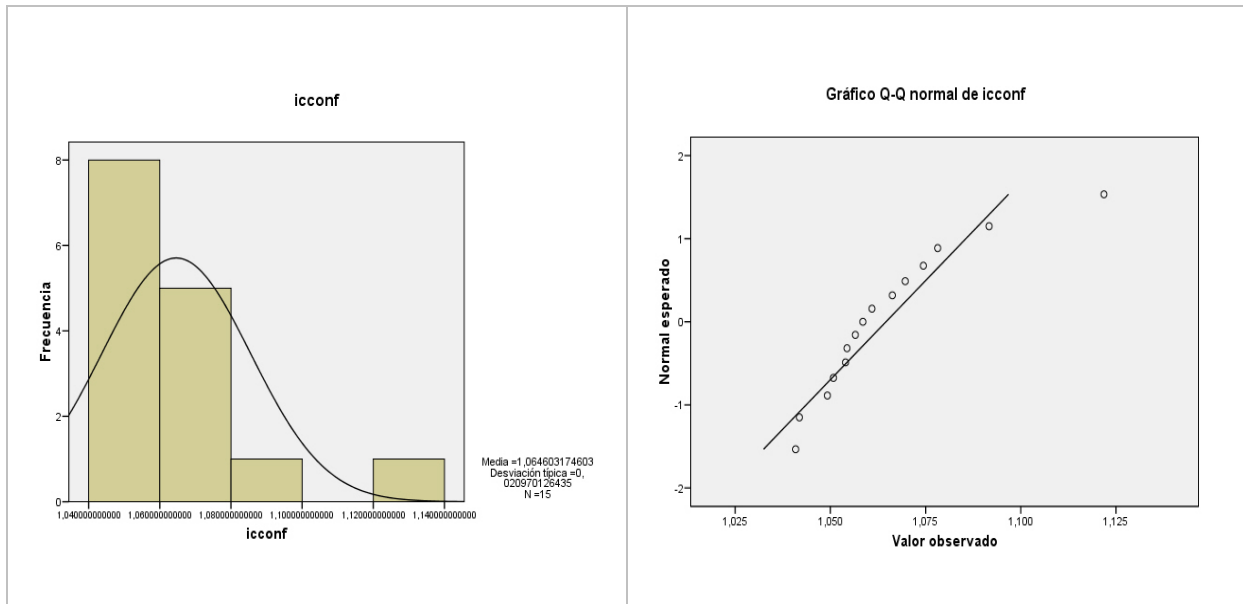


## 9. Índice de conformidad

### Técnica Convencional



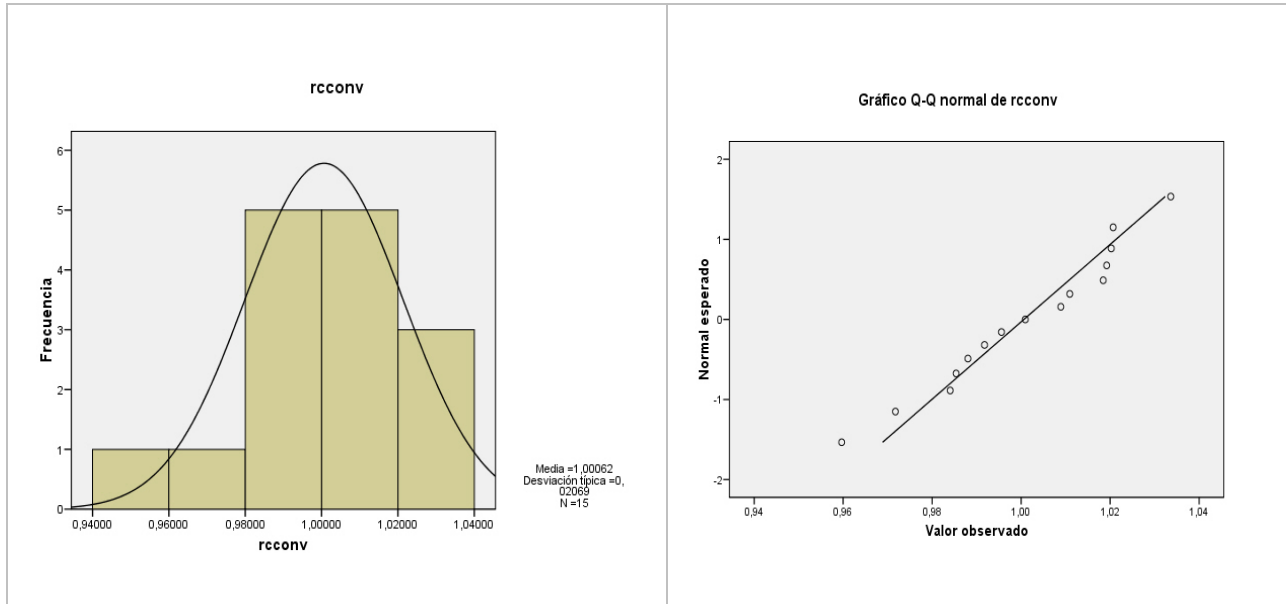
### Técnica Conformacional





## 10. Razón de conformación de dosis

### Técnica convencional



### Técnica Conformacional

